马来西亚华文独中教科书

科学

初二下册

浙江教育出版社
马来西亚董教总全国华文独中工委会课程局

马来西亚华文独中教科书

科学

初二下册

余自强 郑青岳 主编



浙江教育出版社
董教总华文独中工委会统一课程委员会

初中适用

《科学》初二下册

美术编辑：韩波
行政编辑：梁翠芳
封面设计：韩波
版面设计：韩波
电脑排版：杭州万方图书有限公司

© 郑重声明，此书版权归出版单位所有，未经允许，书上所有内容不得通过任何形式进行复制、转发、储存于检索系统，或翻译成其它语言的活动。

© Dong Zong
Hak cipta terpelihara. Mana-mana bahan atau bahagian dalam buku ini tidak dibenarkan diterbitkan semula, disimpan dalam cara yang boleh dipergunakan lagi, atau ditukar kepada apa-apa bentuk atau apa-apa cara, baik dengan elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman, pengalihan bahasa dan sebagainya tanpa mendapat kebenaran secara menulis daripada pihak penerbit terlebih dahulu.

© Dong Zong
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, translated in any other languages, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

编纂单位：
浙江教育出版社
董教总华文独中工委会统一课程委员会
Unified Curriculum Committee
Malaysian Independent Chinese Secondary School（MICSS）Working Committee

出版发行：
马来西亚华校董事联合会总会（董总）
United Chinese School Committees' Association of Malaysia（Dong Zong）
Blok A, Lot 5, Seksyen 10, Jalan Bukit,
43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
Tel: 603-8736 2337
Fax: 603-8736 2779
Website: www.dongzong.my
Email: support@dongzong.my

印刷：
Swan Printing Sdn Bhd.

版次：
2015年4月第1版

印次：
2020年10月第7次印刷

编审人员

主　　编：余自强　郑青岳

编　　者：郑青岳　周应章　汪建红　宋华强　王红燕

审 阅 者：黄召仁博士　丘琼润博士　张育存　戴莉芳
　　　　　郭慧花　蓝志东　谢政儫　陈家良　王亮宇

责任编辑：黄　伟　王亮宇　汤菊芬

鸣　谢

本书承蒙国内外学者和教师协助编写与审阅，部分插图选自国内外一些书籍、杂志和网络，谨此统致谢忱。

董教总华文独中工委会统一课程委员会　启

2015 年 4 月

编辑说明

小档案

提供与课程相关的补充知识，让学习更有效，涉猎更为广泛。

想一想

和课程相关之问题探讨，可在课堂上进行讨论，或自行搜集资料以解答。

科学家小故事

了解科学家及其成果，体会他们的科学方法、科学态度和科学精神。

活　动

包括观察、演示实验、随堂实验、模拟、调查、资料搜集及分析、探究等实践活动，原则上利用课堂时间进行。

读　图

从图和照片等平面媒体中获取信息，培养读图能力。

1. 本套教材是根据董教总华文独中工委会统一课程委员会综合科学学科委员会所拟定的《初中综合科学课程标准（2012年）》（以下简称课标）编写。课标拟定时参考了我国教育部颁布的中学新课程纲要以及世界各地中等教育科学课程纲要及标准。

2. 本套教材共六册，供初中一年级至三年级学生使用，每学年两册。每册内容以每周六节，每节四十分钟的授课及活动时数编写。

3. 本套教材的编写贯彻课标确定的课程目标，以学生为学习主体，希望藉由发现问题、观察及实验等科学过程，培养学生主动学习、独立思考、判断与解决问题等能力。

4. 本套教材内容简明扼要，用语简练、生活化，以真实的彩色照片、正确的示意图、“读图”、“想一想”、“小档案”、“科学家小故事”及“活动”等栏目提供学生丰富的学习信息，提升学生学习科学的兴趣，让学生将科学与生活作关联。

5. 教材的完善非一蹴可成，教材的发展更有赖于使用者给予指导及建议。本教材如果有错误、疏漏或欠妥之处，敬请各校师生及读者提供意见，以供未来修订时参考。

董教总华文独中工委会统一课程委员会
初中综合科学编审小组
2015 年 4 月

前言

在日常生活和生产中，大家一定会对自然界的许多事物和现象感到好奇。例如，为什么太阳、月亮和星星每天都会东升西落；人是哪里来的，又是怎样从婴儿长大成人的；等等。其实，类似的问题也使古代的人好奇，他们也一直尝试对此作出解释。正是在试图回答这些问题的过程中，科学慢慢地发展起来了。

现在，科学技术的发展已经极大地改变了世界，它使我们的生产和生活发生着日新月异的变化。初中阶段的科学课，对大家来说非常重要，一个人如果不懂科学，他将难以适应现代社会和日常生活，何况我们中的一些同学还希望能为科学技术的发展做出自己的贡献。

在科学课中，我们将学习科学的基础知识和科学活动的基本技能，了解科学探究的过程和方法,学习如何进行科学思维,养成科学的精神和态度。更重要的是，要对人与自然的关系形成正确的认识。

从根本上说，科学就是帮助人类妥善处理人与自然的关系的。在古代，人类既要利用自然，又害怕自然灾害的发生，因此对自然既喜爱又畏惧。有了科学知识以后，人类创造了许多利用、改造自然的技术。结果在经济发展的同时，造成了生态破坏和环境污染，进而危及人类自身。现在，人类吸取了教训，懂得在认识和利用自然时，还要保护自然。只有这样，人类社会才能实现可持续发展。

对自然界，中华传统文化主张“制天命而用之”，就是要认识自然规律，以便更好地利用和保护自然。具体来说，在认识自然时，要求“赞天地之化育”，就是要用赞美、尊重的态度去对待自然；在利用自然时，要求“与天地参”，认为自然与人类是平等的，要注意保持它与人类的和谐；人与自然关系发展的终极目标是“天人合一”，即人类与自然合为一体、共同发展。这是多么可贵的科学思想啊！因此，我们在学习现代科学知识、技能和方法的同时，还要继承中华传统文化，让它进一步发扬光大。

现在，你们知道学习科学课的意义了吧！希望大家认真学习、勇于实践，努力学好科学课，准备迎接美好的未来！

余自强　郑青岳

目 录

第一单元 粒子的模型与符号

第 1 章 粒子的模型 …… 1

1.1 原子学说 …… 3

1.2 原子的结构 …… 6

1.3 离子 …… 9

第 2 章 元素与元素符号 …… 13

2.1 元素及其分布 …… 15

2.2 元素符号 …… 19

2.3 元素周期表 …… 22

2.4 化肥中的有效元素 …… 25

第 3 章 物质的组成和化学式 …… 31

3.1 物质的分类 …… 33

3.2 混合物的分离 …… 36

3.3 化学式 …… 41

3.4 化合价 …… 43

3.5 元素符号表示的量 …… 46

3.6 有机物 …… 49

CONTENTS

第二单元　空气与化学反应

第 4 章　空气 …… 57

4.1　空气的成分 …… 59

4.2　氮气 …… 61

4.3　稀有气体 …… 64

第 5 章　氧气和二氧化碳 …… 70

5.1　氧气的性质 …… 72

5.2　氧化作用 …… 76

5.3　氧气的制取及用途 …… 77

5.4　二氧化碳的性质 …… 82

5.5　二氧化碳的制取和用途 …… 86

5.6　燃烧与灭火 …… 88

第 6 章　化学反应与质量守恒定律 …… 96

6.1　质量守恒定律 …… 98

6.2　化学方程式 …… 101

6.3　吸热反应和放热反应 …… 105

第三单元　生命与空气、土壤

第 7 章　生物界中氧和二氧化碳的循环 ·········· 109

7.1　人体的呼吸系统 ·········· 111

7.2　肺与外界环境的气体交换 ·········· 113

7.3　呼吸作用和体内的气体交换 ·········· 116

7.4　空气质量与健康 ·········· 120

7.5　植物的呼吸作用 ·········· 123

7.6　植物的光合作用 ·········· 126

7.7　氧和二氧化碳的循环 ·········· 130

第 8 章　植物与土壤 ·········· 140

8.1　土壤的类型 ·········· 142

8.2　植物的根与物质吸收 ·········· 145

8.3　植物体中物质的运输 ·········· 149

8.4　植物的蒸腾作用 ·········· 151

8.5　保护土壤 ·········· 155

第四单元　人类对电和磁的利用

第 9 章　指南针为什么能指南北 ·········· 162

9.1　磁体和磁极 ·········· 164

9.2　磁场和磁场线 ·········· 169

9.3　地磁场和指南针 ·········· 172

第 10 章　电生磁和磁生电 177
10.1　电流的磁效应 179
10.2　电磁铁的应用 184
10.3　电磁感应 189
10.4　发电机 191
10.5　电磁感应现象的广泛应用 194

第 11 章　家庭用电 201
11.1　家庭电路 203
11.2　熔断器和断路器 206
11.3　地线 210
11.4　安全用电 213
11.5　节约用电 217

DIY

第一单元 224
第二单元 226
第三单元 227
第四单元 228

附录　元素周期表 231

第一单元

粒子的模型与符号

第1章 粒子的模型

学习目标

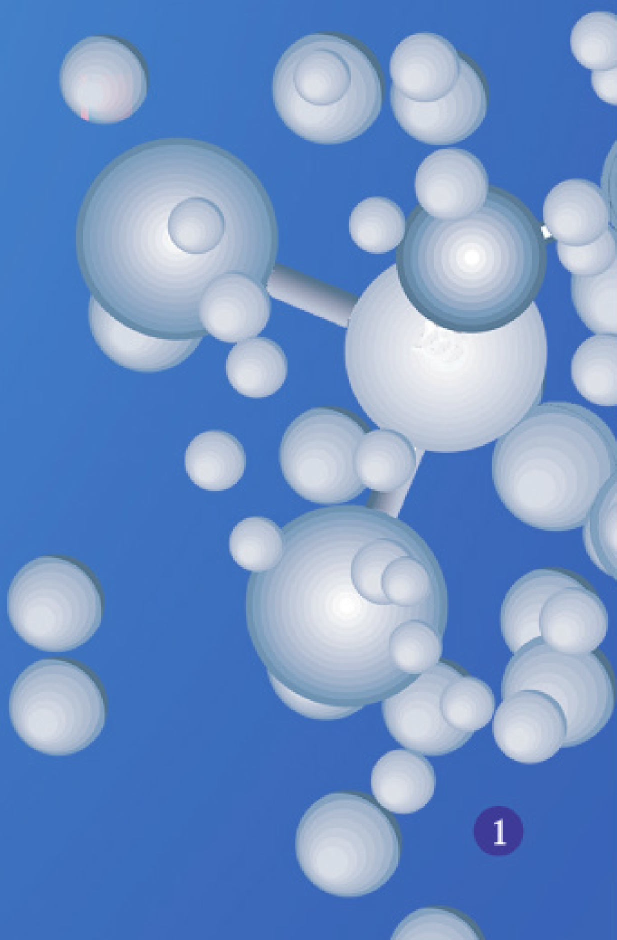
1．知道物质是由原子、分子等微小粒子构成的。

2．知道原子由原子核和电子构成。

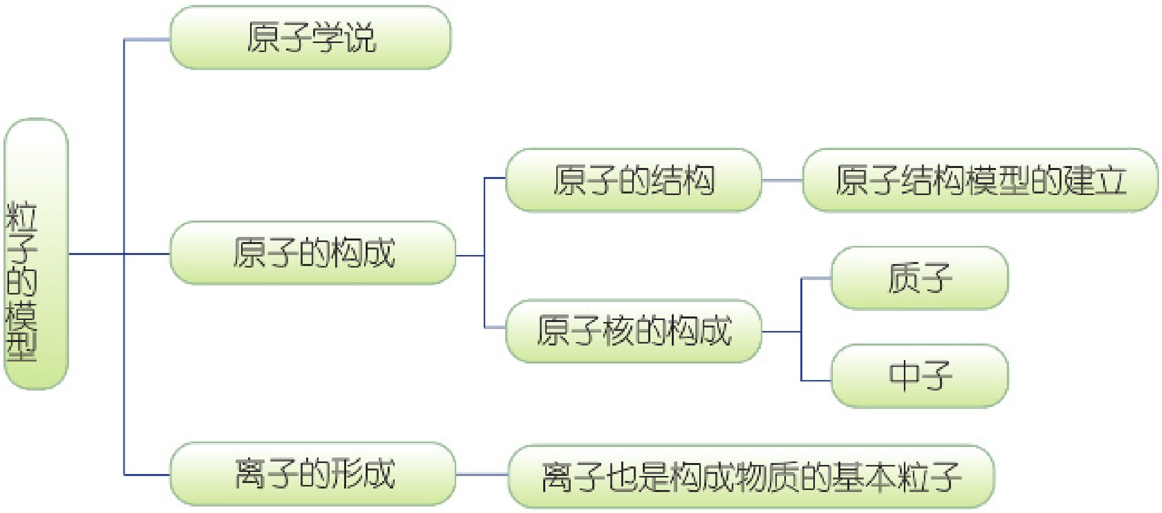
3．知道原子核由质子和中子构成。

4．认识正、负离子的形成。

5．知道离子也可构成物质。



本章概念图


粒子的模型
原子学说
原子的构成
原子的结构
原子结构模型的建立
原子核的构成
质子
中子
离子的形成
离子也是构成物质的基本粒子

1.1 原子学说

如果你把一张纸或者一块石头不断地进行分割，最后得到的是什么？古希腊哲学家德谟克里特认为是原子。原子真是构成物质的最小微粒吗？物质都是由原子构成的吗？

1.1.1 原子可以直接构成物质

德谟克里特（Dēmocritos，约公元前 460 ~ 约公元前 370 年）认为宇宙万物是由微小的、不可再分割的物质粒子构成的，他将这种粒子称为“原子”。

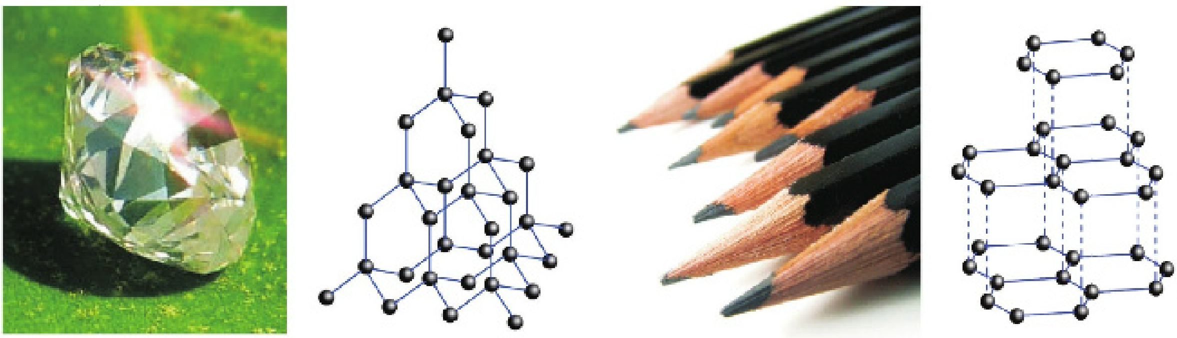
然而，德谟克里特并没有用实验证明原子的存在。在科学领域中，没有得到事实证明的猜测，永远只能是猜测，不能成为理论。

在 19 世纪，英国化学家约翰·道尔顿根据研究气体时得到的证据，提出了他的原子学说。道尔顿认为物质是由原子构成的，原子是不可再分的球体（图 1-1）；在化学变化中，原子的种类和数量保持稳定；同种元素的原子性质和质量完全相同。道尔顿的近代原子学说对化学的发展起了重大的作用。



图1-1　道尔顿心中原子的模型

现代科学已经证实原子的存在，并发现有些物质是由原子直接构成的，如金属、金刚石、石墨（图 1-2）等。



金刚石

金刚石晶体里碳原子的排列方式

铅笔芯的主要成分是石墨

石墨晶体里碳原子的排列方式

图1-2　金刚石、石墨都由碳原子构成，它们的区别只是原子的排列方式不同

原子非常小，1 亿个氢原子紧挨着排列起来只有 1 cm 长（图 1–3）。

我们用肉眼不能直接看到单个原子，但扫描隧道显微镜（简称 STM）可以将原子的大概模样呈现给我们（图 1–4 及图 1–5）。

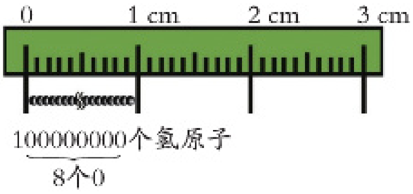


图1–3　原子非常小

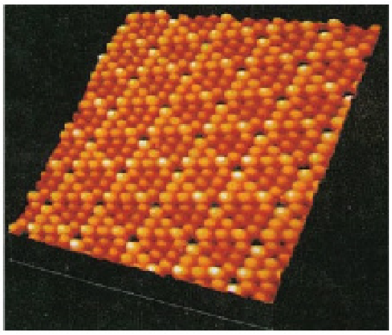


图1–4　扫描隧道显微镜下的硅原子图像

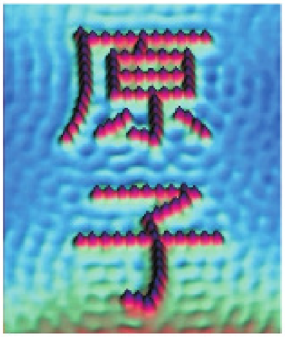


图1–5　现代技术可以让铁原子在铜表面组成汉字

科学家小故事

德谟克里特的猜想

在两千四百多年前，古希腊人曾展开一场辩论：物质到底是连续的，还是由一些不连续的微粒组成的。当时有一位著名的哲学家，名叫德谟克里特（图 1–6），当他走进花丛闻到花香气味时，开始思考：人为什么能远远闻到花的香味？走到河边，看到鱼儿在水中畅游，他又进一步思考：鱼儿在水中能迅速游动，说明水的结构不是非常紧密的。吃饭喝汤的时候，他再次陷入沉思：所有的物质是否如同面粉等食物一样，都是由一些微粒构成的呢？把以上这些事情联系起来进行思考之后，他提出了关于物质结构的一种猜测：物质是由许多最小单元的颗粒——原子构成的。

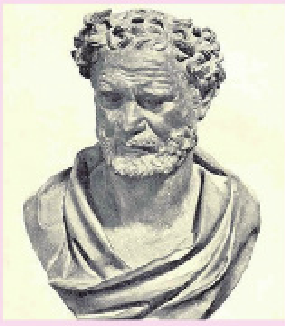


图1–6　德谟克里特

1.1.2　分子是由原子构成的

想一想

按照道尔顿的原子学说，水是由“水原子”构成的。那么在通电时，“水原子”可能被分解吗？

道尔顿的原子学说认为，水由“水原子”构成，“水原子”不可再分。然而，在电解水的实验中，当直流电通过液态水时，水变成了两种不同的气体：氢气和氧气，它们的体积比是 2 : 1。在这个实验中，“水原子”分解了吗？

科学上对这个实验结果的解释是：水是由水分子聚集而成的，每个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成。通电时，水分子分解变成氢原子和氧原子，2 个氢原子结合变成 1 个氢气分子，2 个氧原子结合变成了 1 个氧气分子（图 1-7）。

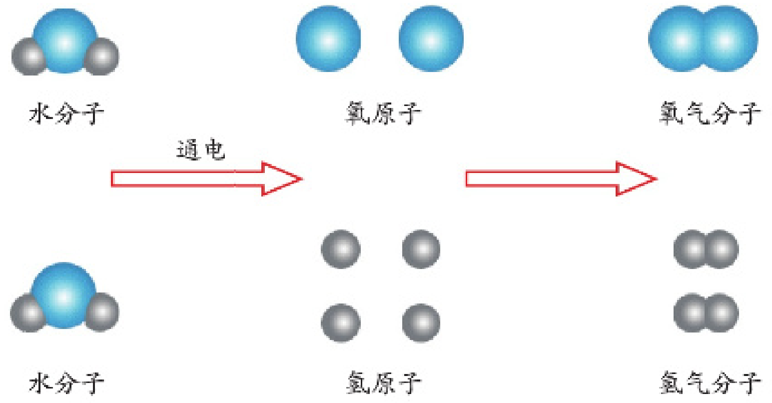


图1-7　水分子电解模型

许多研究结果表明，不少物质是由分子构成的，分子再由原子构成。例如，蔗糖由蔗糖分子构成；乙醇（俗称酒精）由乙醇分子构成，每个乙醇分子由碳、氢、氧三种原子构成（图 1-8）。

和原子一样，分子也很小，无法用肉眼和光学显微镜观察到。扫描隧道显微镜能帮助我们看到一些物质的分子（图 1-9）。



图1-8　乙醇分子由碳、氢、氧三种原子构成

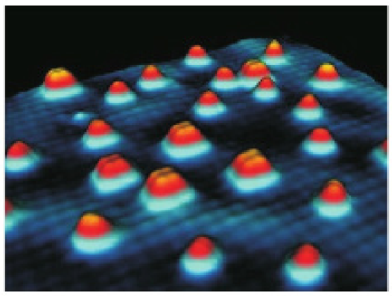


图1-9　中国科学家首次拍摄到水分子的内部结构

想一想

水在蒸发和分解时，水分子的变化有什么不同？

水在电解时经历的变化与物质三态的变化有什么区别呢？水在蒸发时，水分子间的距离增大，水由液态变为气态，但水分子保持不变。而在电解水时，水分子变成了氢气分子和氧气分子，它们不再保持水的化学性质。在由分子构成的物质中，分子是保持物质化学性质的最小粒子。

电解前，水分子中有氢原子和氧原子。电解后，虽然水分子变成了氢气分子和氧气分子，但从原子的角度看，仍然有氢原子和氧原子，原子没有发生变化。因此，原子是化学变化中最小的微粒。

在对微观粒子的研究中，科学家通常采用直观的模型（model）来模拟小到难以观察的物体。如图 1-8 所示，人们常用模型来表示分子由原子构成，因为这种方式很形象直观。

模型可以帮助人们认识和理解一些不能直接观察到的或复杂的事物。它可以是一张图表或电脑图像，也可以是一个复杂的现象或过程的示意图。

1.2 原子的结构

道尔顿认为原子不可再分，果真如此吗？原子太小，要弄清楚其结构不是一件容易的事情。科学家曾提出过不少模型来描述原子的形状和结构，但至今原子结构模型仍在不断的完善之中。

1.2.1 原子结构的模型

现在，我们通常见到的是原子的核式结构模型。该模型认为，原子是由带正电荷的原子核（atomic nucleus）和带负电荷的核外电子（electron）构成的。两者所带的电量相等，电性相反，因而原子呈电中性。

原子核处于原子的中心位置，1 个电子带 1 个单位的负电荷，在核外空间绕核做高速运转。原子核在原子中所占的体积极小，其半径大约是原子半径的十万分之一。原子核的体积虽然很小，但它几乎集中了原子的全部质量。

图 1-10 中展示了氢、氦、氧三种原子的核式结构模型。

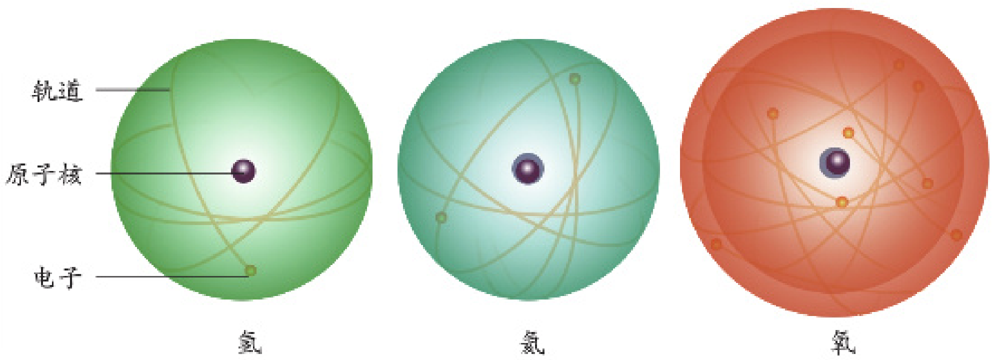


图1-10　氢、氦、氧原子的核式结构模型

小档案

原子结构模型建构的历程

道尔顿认为原子是不可再分的球体，虽然道尔顿在科学界具有很高的威望，但是科学家的研究并没有止步于此。

1897 年，英国科学家汤姆生（Joseph John Thomson，1856–1940）发现原子内有带负电的电子，这个发现使人们认识到原子并不是一种小得不能再小的实心球体。原子是呈电中性的，因此，汤姆生推断原子内肯定还有带正电的物质。汤姆生的原子结构模型与西瓜类似：原子是一个球体，正电荷均匀分布在整个球体内，电子像西瓜里的西瓜籽那样镶嵌在其中（图 1–11）。

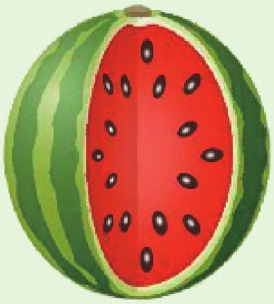


图1–11　汤姆生的原子结构模型与西瓜类似

1911 年，英国物理学家卢瑟福（Ernest Rutherford，1871–1937）用带正电的 α 粒子（氦原子核）轰击金属箔，实验发现多数 α 粒子穿过金属箔后仍保持原来的运动方向，有少数 α 粒子发生了较大角度的偏转，偶尔会有一个 α 粒子反弹回来（图 1–12）。在分析实验结果时，卢瑟福提出了原子的核式结构模型：在原子的中心有一个很小的原子核，原子的全部正电荷和几乎全部的质量都集中在原子核里，带负电的电子在核外空间绕核运动，就像行星绕太阳运动那样。

1913 年，丹麦科学家玻尔（Niels Henrik David Bohr，1885–1962）完善了卢瑟福的原子核式结构模型，认为电子只能在原子内一些特定的轨道上运动（图 1–13）。

在 20 世纪 20 年代，原子结构模型再次发生变化，科学家提出了电子云模型，认为电子围绕原子核高速运动，没有确定的方向和轨道。所谓轨道，只是电子出现机会较多的位置。

原子结构模型的发展过程表明，模型的建立往往有一个不断完善、不断修正的过程，以使模型更接近事实。

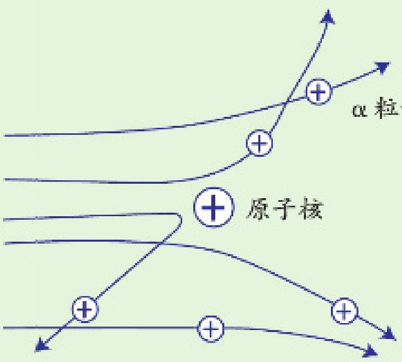


图1–12　α 粒子轰击原子

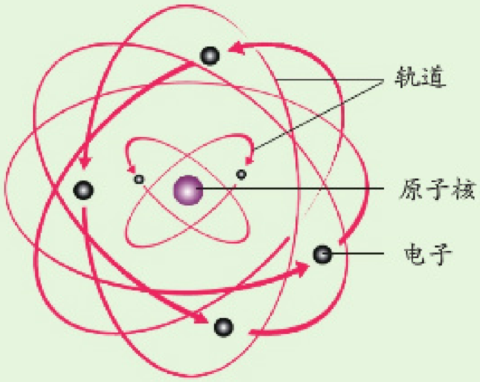


图1–13　玻尔的原子结构模型

1.2.2 揭开原子核的秘密

科学家知道了原子由原子核和核外电子构成之后，又产生了一个新的疑问：原子核是由什么构成的呢？为了揭开原子核的秘密，科学家用高能量的粒子撞击原子核。通过多次实验，终于发现原子核是由更小的两种粒子——质子（proton）和中子（neutron）构成的。例如，一种碳原子的原子核就由 6 个质子和 6 个中子紧密相连构成（图 1–14）。表 1–1 中列举了几种原子的构成。

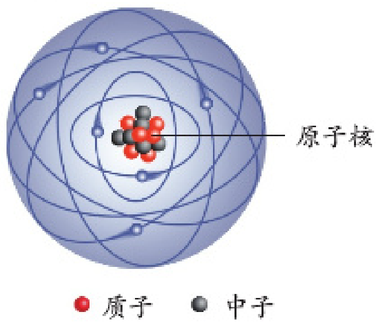


图1–14 碳原子的核式结构模型

原子核是带正电的，那么，原子核中的质子和中子分别带什么电荷呢？

根据科学家的测定：1 个质子带 1 个单位正电荷，中子不带电。例如，碳原子核内有 6 个质子，则碳原子核带 6 个单位正电荷。科学上把原子核所带的电荷数称为核电荷数，因此碳原子的核电荷数为 6。

表1–1 几种原子的构成

原子种类	质子数	中子数	核外电子数
氢	1	0	1
碳	6	6	6
氧	8	8	8
钠	11	12	11
氯	17	18	17

活动 1

1. 查找相关资料，了解锂原子的结构，如它的原子核所带电荷数和核外电子数等。尝试画出锂原子的原子核及核外电子的结构模型。
2. 根据所学知识，完善原子结构的概念图（图 1–15）。

原子
- ________
  - ________（带正电）
  - ________（不带电）
- 核外电子（带负电）

图1–15 原子结构的概念图

1.3 离　子

纯净的水是不容易导电的，加入食盐后，却变成了导体。我们已经知道，导体容易导电是因为导体中有能够自由移动的电荷，那么食盐水中自由移动的电荷是什么呢?

原来，除了原子、分子能构成物质外，离子也能构成物质，食盐就是由离子构成的。

很多物质混合后在一定条件下会发生化学反应。例如，钠在氯气中点燃时就会发生反应，生成的产物是氯化钠（图 1-16）。

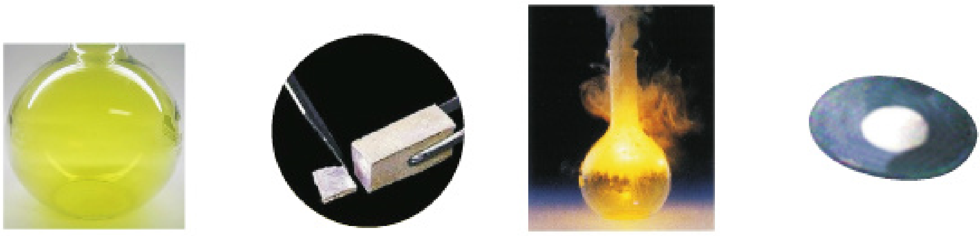


图1-16　钠在氯气中燃烧

从微观层面上分析，这个反应究竟是怎样发生的?

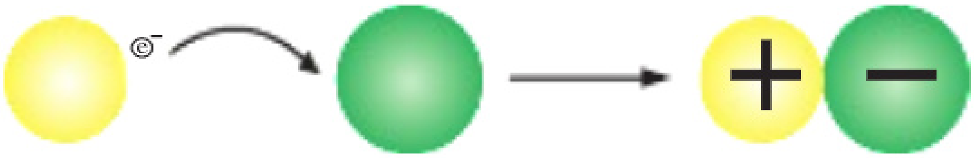


图1-17　钠原子在氯气中燃烧时失去1个电子，氯原子得到1个电子

金属钠在氯气中燃烧时，钠原子失去电子，形成带正电荷的钠离子（正离子）；氯原子得到电子，形成带负电荷的氯离子（负离子）（图 1-17）。带有相反电荷的钠离子和氯离子之间相互吸引，构成了电中性的氯化钠（图 1-18）。食盐的主要成分就是氯化钠，当食盐溶于水时就会生成自由移动的离子，食盐水能导电，就是因为食盐水中有自由移动的电荷——离子的缘故。

> 离子是带电的原子，带正电的叫正离子，带负电的叫负离子。

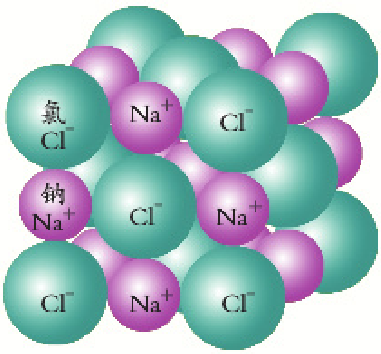


图1-18　食盐晶体由钠离子及氯离子互相吸引构成

活动 2

让我们来做一个模拟实验，演示离子是怎样形成的。

1. 在桌子一边放3对圆片（3片白色，3片黑色），白色代表电子，黑色代表质子（图 1–19）。
2. 在桌子另一边放 9 对圆片（9 片白色，9 片黑色）。
3. 从较少的一组中取一片白色圆片放到较多的一组中。
4. 计算每组中的正电荷数（质子数）和负电荷数（电子数）。
5. 现在将这些圆片重新进行分组，一组 4 对，一组 8 对。重复步骤 3 和步骤 4，这次从较少的这组中取 2 片白色的放到较多的一组中。



图1–19　离子形成的模拟实验

我们有时用实物模型来代替研究对象进行实验，这类实验叫做模拟实验。模拟实验是科学实验的一种基本类型。

讨 论

1. 在你移动白色圆片（电子）之前，每组的总电荷数是多少？
2. 在你移动白色圆片后，每组的总电荷数又是多少？
3. 根据你的实验，你认为失去电子后原子的电荷发生了什么变化？得到电子后呢？

本章提要

1. 物质是由分子、原子、离子构成的。
2. 分子由原子构成。
3. 物质由分子构成时，分子是保持物质化学性质的最小粒子。
4. 原子是化学变化中最小的物质微粒。
5. 原子是由带正电荷的原子核和带负电荷的核外电子构成的。
6. 原子核是由带正电的质子和不带电的中子构成的。原子核所带的电荷数称为核电荷数。
7. 带电的原子叫离子。原子失去电子后形成带正电荷的正离子，得到电子后形成带负电荷的负离子。

练 习 题

一、选择题

1. 分子、原子、离子都是构成物质的基本粒子。下列由原子直接构成的是（　　）。
   A. 氧气　　B. 硅　　C. 氯化氢　　D. 氯化钠

2. 下列微粒中，能保持物质化学性质的是（　　）。
   A. 电子　　B. 质子　　C. 中子　　D. 分子

3. 下列物体的体积由小到大排序正确的是（　　）。
   A. 原子核、质子、电子　　B. 质子、原子核、中子
   C. 电子、原子核、原子　　D. 原子、原子核、质子

4. 道尔顿的原子学说曾经起了很大作用。他的学说中，包含下述三个论点：①原子是不能再分的粒子；②在化学反应中原子性质不变；③原子是微小的实心球体。从现在的观点看，这三个论点中不确切的是（　　）。
   A. 只有③　　B. ①③　　C. ②③　　D. ①②③

二、简答题

1. （1）构成物质的微粒有________、________和________。化学变化中的最小微粒是________。

   （2）构成原子核的微粒是________、________。由于________所带正电荷和________所带负电荷的电量相等、电性相反，所以整个原子不显电性。

2. 将下列物质与直接构成物质的相应粒子用线连起来。

物质	粒子
金属铜 ·	· 原子
氯化钠晶体 ·	
干冰（固体二氧化碳） ·	· 离子
金刚石（碳） ·	
水蒸气 ·	· 分子

3．请你画出由 1 个氮原子和 3 个氢原子构成的氨分子模型（提示：氮原子比氢原子画得大一些，可以参考水分子模型）。

第一单元

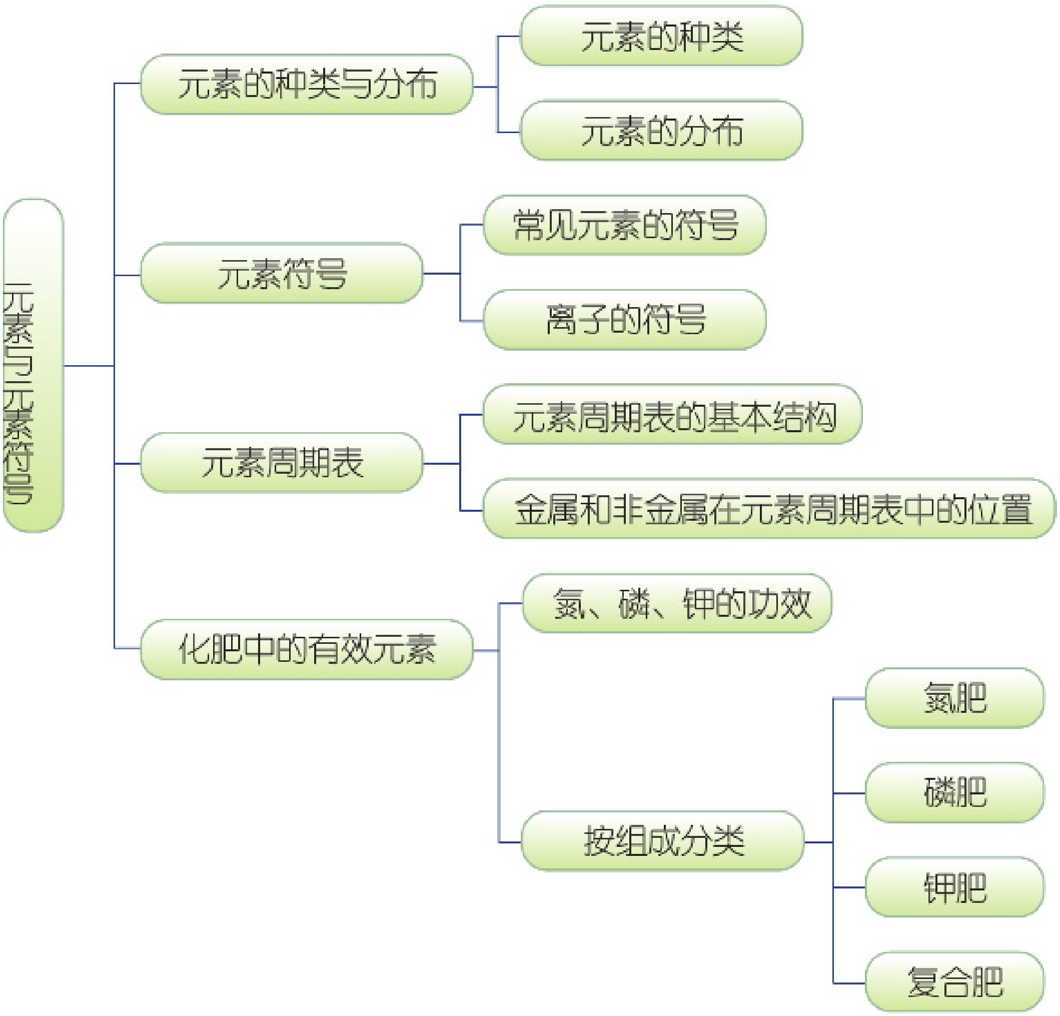
粒子的模型与符号

第2章 元素与元素符号

学习目标

1. 认识元素。
2. 知道组成人体和地壳的主要元素。
3. 认识原子是元素中最小的单位。
4. 知道什么是原子团。
5. 会查阅元素符号。
6. 认识常见元素的名称及符号。
7. 初步学会使用元素周期表。
8. 认识元素周期表的重要意义。
9. 知道金属元素和非金属元素在元素周期表中的分布情况。
10. 知道化肥中的有效元素。

本章概念图


元素与元素符号
元素的种类与分布
元素的种类
元素的分布
元素符号
常见元素的符号
离子的符号
元素周期表
元素周期表的基本结构
金属和非金属在元素周期表中的位置
化肥中的有效元素
氮、磷、钾的功效
按组成分类
氮肥
磷肥
钾肥
复合肥

2.1 元素及其分布

自古以来，人类一直在探索一个问题：组成自然界万物的最基本的东西是什么？

2.1.1 什么是元素

古希腊哲学家在解释自然现象时，大多采用论证和推测的方法。他们曾经断言，大地是由少数几种“元素”组成的。例如，亚里士多德认为，地上世界是由土、水、气、火四大元素组成的。

1661 年，英国科学家波义耳从科学的角度提出，组成物体的最原始和最简单的物质是元素。根据波义耳的理论，土、水、气、火都不是元素。此后，科学家对元素到底是什么以及原子与元素的关系开展了许多研究。

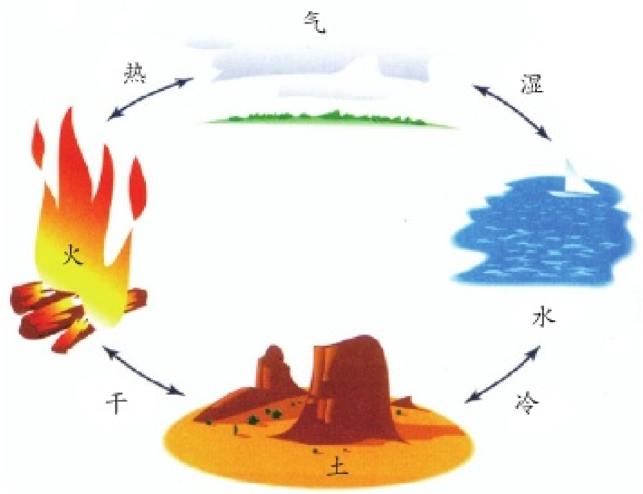


图2-1　古希腊人眼中的元素

现代科学认为，世界上林林总总的物质都是由元素组成的，元素（element）是具有相同核电荷数（即质子数）的一类原子的总称，而原子是元素中最小的单位。例如，氧元素就是所有核电荷数为 8 的原子的总称，氧原子是氧元素的最小单位。

想一想

一种元素原子的原子核，所带的核电荷数是一定的吗？

原子学说告诉我们，一种元素原子的核电荷数是一定的，它与这种原子原子核内的质子数相同，也与核外电子数相同。例如，氢原子的核电荷数总为 1，原子核内的质子数及核外电子数也都是 1。科学家后来发现，具有相同核电荷数（即质子数）的原子可能不止一种。例如，原来人们以为氢原子的原子核中有 1 个质子，没有中子。后来，科学研究发现另外还有两种氢原子，它们的原子核中也都只有 1 个质子，但中子数分别是 1 个和 2 个（图 2-2）。

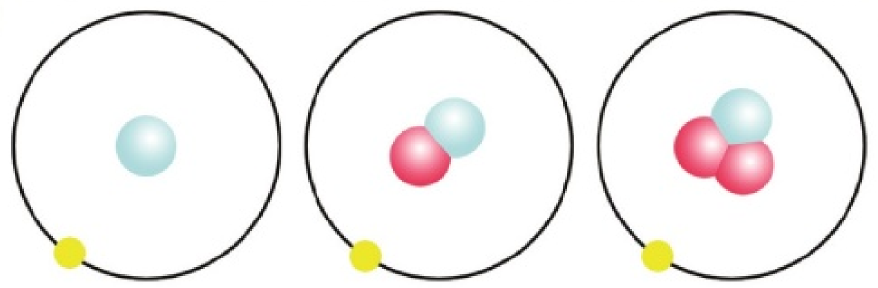


图2-2　氢的三种原子

想一想

氢元素的三种原子质量相等吗？

显然，由于原子核中的中子数不同，这三种氢原子的质量也不同。进一步的研究发现，这样的情况有很多。例如，氧也有类似的情况，一种氧原子的原子核内有 8 个质子和 8 个中子，另有两种氧原子核内的质子数都为 8，但中子数分别是 9 和 10。不过，科学家发现，虽然它们的中子数不同，但核电荷数都是相同的。因此，图 2-2 所示的三种氢原子是不同的原子，但它们同属于氢元素。

想一想

对同一种元素的原子来说，质子、中子、核外电子的数目及原子的质量，哪些一定相同，哪些可能不同？

2.1.2　元素的种类

自然界中的物质种类千千万万，然而组成这些物质的元素并不多。到目前为止，人类已知的元素有一百一十多种（见附录“元素周期表”），可以把它们分为金属元素和非金属元素两大类。事实上，几十种常见元素组成了世界上的大部分物质。例如，二氧化碳和一氧化碳这两种物质完全不同，但它们都是由氧和碳两种元素组成的（图 2-3）；氧气和臭氧也是两种完全不同的物质，但它们都由氧元素组成。

仅碳、氢、氧三种元素就能组成许许多多种物质！

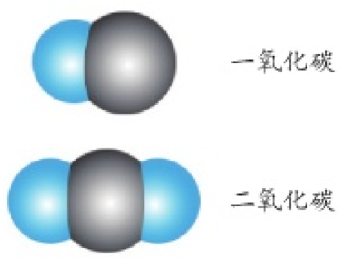


图2-3　碳、氧元素组成的物质

在人类已知的元素中，有些属于人造元素 (artificial elements) 。它们是指自然界本来不存在，科学家通过人工方法制造出来的元素，如锝（Tc）、钷（Pm）等。人工制造元素的关键是用某种元素的原子核作为“炮弹”来轰击另一种元素的原子核，当两者形成新核时，原子核的质子数发生改变，新元素也就产生了。

人造元素和镭、铀等部分天然元素具有放射性，它们会放出某些射线。放射性元素对人体有害，但利用放射性可以检查和治疗一些疾病。例如，“放疗”治癌症，就是将射线的剂量最大限度地集中到病变区域，以杀灭肿瘤细胞，而周围正常的组织细胞或器官少受不必要的照射。



图2-4　放射治疗，杀灭癌细胞

2.1.3　元素的分布

元素在地球中的分布是不均匀的，地壳主要由氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等元素组成（图 2-5）。其中含量最高的是氧，其次是硅。金属元素中含量最高的是铝，其次是铁。

与地壳中的元素成分有差异，组成人体的主要元素有氧、碳、氢等。

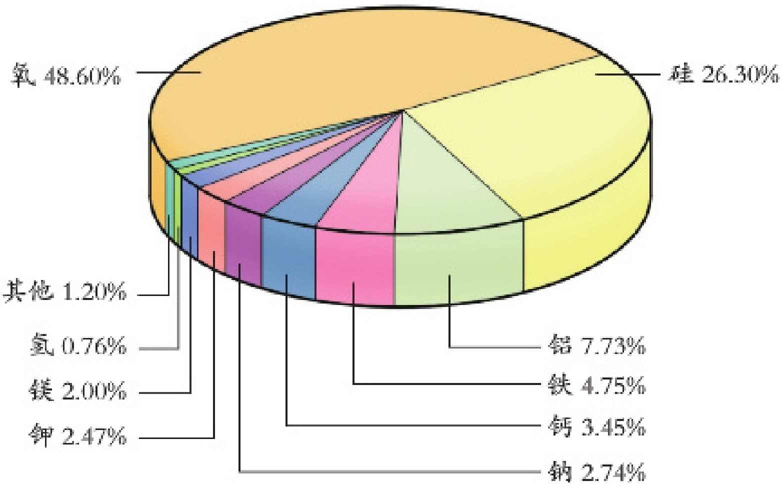
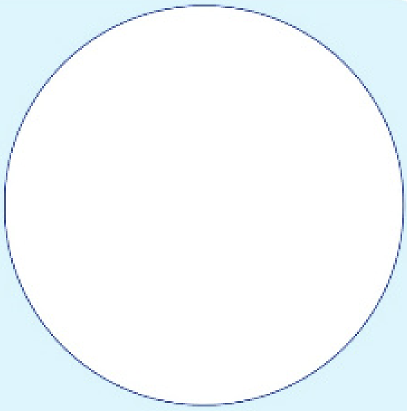


图2-5　地壳中各元素的含量

活动 1

已知人体中氧元素约占 65%，碳元素约占 18%，氢元素约占 10%，其他元素约占 7%。请在右边的圆中画出人体中所含元素的质量百分比扇形图。



水是组成生物体（包括人体）的主要物质，而水是由氢元素和氧元素组成的，所以人体内自然就含有比较多的氢元素和氧元素。至于碳，它是组成生物体的主要元素之一。我们都有这样的经验，烧焦的生物体一般会显黑色，就是因为生物体内含有大量的碳元素。

海水中除了水由氢、氧两种元素组成以外，含量较高的还有氯、钠、镁等元素（氧占 85.8%、氢占 10.7%、氯占 2.0%、钠和镁等占 1.5%）。海水中已经找到了八十多种元素，如贵重金属金，也在海水中存在。

为帮助人们了解商品的物质构成，矿泉水、牛奶、药品等商品的标签上常常会标注元素的种类及含量（图 2-6）。



Purata Komposisi / Average Composition	Setiap / Per 100ml	Setiap Sajian / Per Serving 250ml
Tenaga / Energy	62kcal	155kcal
Protein	3.2g	8.0g
Karbohidrat / Carbohydrate	4.8g	12.0g
Lemak / Fat	3.3g	8.3g
Kalsium / Calcium	110mg	275mg
Iodin / Iodine	12μg	30μg
Vitamin A	146μg	365μg
Vitamin D_3	1.7μg	4.3μg
Vitamin B_2	0.13mg	0.33mg
Vitamin B_{12}	0.2μg	0.5μg

图2-6　牛奶盒上注明了牛奶中营养素的种类及含量

小档案

人体中元素的作用

人体内大约含有三十多种元素，其中十一种为常量元素（碳、氢、氧、氮、硫、磷、氯、钙、镁、钠、钾），约占 99.95%，其余为微量元素。它们中有些是必需元素，每一种必需元素在人体内都有一个适量范围，过多或过少都不利于人体健康。

各种元素在人体内所起的作用主要有：

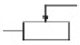
1. 构成各种组织，如钙和磷构成骨骼、牙齿等，碳、氢、氧、氮、硫构成血液、毛发、肌肉等。
2. 运载作用，如人血液的红色来自含铁的血红蛋白，血液中的氧气主要就是靠它运载的。
3. 组成酶或酶的激活剂，发挥催化的功能。如锌元素与人体中一百多种酶有关，并参与蛋白质和核酸的合成等。
4. 调节体液的物理化学特性，如钠离子、钾离子和氯离子能保持体液中水、电解质平衡和酸碱平衡等。
5. 信息传递作用，如硒、碘、锰、铜等。

由于食物、水体及大气被污染，一些有害元素如镉、汞、铅等也会进入人体。



图2-7　香蕉富含钾元素，通过食用香蕉来摄取钾，是一种良好的饮食方式

2.2 元素符号

我们已经接触过很多符号，例如，“＞”表示“大于”，“*P*”表示“压强”，“”表示“滑动变阻器”，等等。为了便于表达和统一表达的方式，人们常把很多科学语言符号化，组成物质的元素也常用特定的符号来表示。

2.2.1 常见元素的符号

目前发现的一百一十多种元素，每种元素都有它特有的元素符号（symbols for elements）。元素符号是国际上统一采用的代表元素的符号，通常用该元素拉丁文的第一个字母大写来表示。如氧元素的拉丁文名为“Oxygenium”，科学家取其第一个字母“O”代表氧元素。依此类推，碳元素的拉丁文名为“Carbonium”，所以碳的元素符号为“C”。

当两种元素的第一个字母相同时，通常可写上该元素名称的第二个字母（小写）以示区别。因此，元素符号一般用一个或两个拉丁字母来表示，第一个字母大写，第二个字母小写。例如，根据这个原则，铜（Cuprum）的元素符号就为 Cu。

活动 2

从附录的元素周期表中查出表 2-1 中这些元素的元素符号，并将结果填入表中。

表2-1 元素符号表

元素名称	氢	氦	锂	碳	氮	氧	钠	镁	铝	硅	磷
核电荷数	1	2	3	6	7	8	11	12	13	14	15
元素符号	H	He	Li								
元素名称	硫	氯	钾	钙	铁	铜	锌	银	碘	金	汞
核电荷数	16	17	19	20	26	29	30	47	53	79	80
元素符号			K					Ag			

元素符号除了表示某种元素外，也可以表示这种元素的 1 个原子。例如元素符号“N”，既可以表示氮元素，也可以表示 1 个氮原子。

想一想

有人说，“2 N”既表示 2 个氮原子，也表示 2 种氮元素。你同意这个说法吗？为什么？

活 动 3

1. 根据表 2-1 中的元素，同学之间互相配合做一个游戏：一个同学说出元素的名称，另一个同学写出相对应的元素符号，或一个同学出示元素符号，另一个同学说出该元素的名称。比一比谁的正确率高。
2. 写出下列符号所表示的意义：2 H______________________，Fe______________________________，*n* Cu______________________。

小 档 案

化学符号的诞生

化学符号的起源可追溯到古埃及。古埃及是化学最早的发源地之一，现代西方语言中“化学”一词就来源于古埃及的国名“Chēmia”。古埃及人为了保密以免技术落入外人之手，对一些关键性的物质、设备和工艺都使用了一些特定的，只有自己人才能看懂的符号。其中表示物质的符号就是最早的化学符号（chemical symbol）。



图2-8　道尔顿使用的元素符号

1803 年，道尔顿提出了化学原子论，同时还设计了一整套符号（图 2-8）表示他的理论。1813 年，瑞典化学家贝采里乌斯（Jöns Jakob Berzelius，1779-1848）在《哲学年鉴》上第一次发表了他的化学符号，它是用来表示一种元素和该元素的一个原子及其相对原子质量的一个或一组字母。

在贝采里乌斯的这套符号的基础上，1860 年，世界各国化学工作者一起制订和通过了世界统一的化学元素符号，这些符号一直沿用到今天。就是说，元素符号随着化学科学的发展，经历了两千多年漫长岁月的演化，才成了今天这种形式。它的发展反映了化学的逐步发展过程，反映了人类对物质世界的认识不断深化的过程。

2.2.2 离子的符号

离子是由原子失去或获得电子后形成的，原子失去电子后带正电荷，获得电子后带负电荷。因此，在书写离子的符号时，要用正、负号把它所带的电荷表示出来。具体做法是：在形成该离子的原子的元素符号右上角，标出该离子所带的电荷数（图 2-9）。



图2-9 海水中所含的部分离子

例如，Na^+ 表示带 1 个单位正电荷的钠离子；O^{2-} 表示带 2 个单位负电荷的氧离子。

在许多化学反应里，我们发现有些情况下，两种或两种以上的原子作为一个整体参加反应，这样的原子集团称为原子团。像 OH^- 和 SO_4^{2-} 这类离子是带电的原子团，也称为某某根离子。表 2-2 所示为常见的带电原子团。

带电的原子团也是离子。

表2-2 常见的带电原子团

原子团的名称	原子团的符号	原子团所带电荷
氢氧根离子	OH^-	−1
硫酸根离子	SO_4^{2-}	−2
硝酸根离子	NO_3^-	−1
碳酸根离子	CO_3^{2-}	−2
碳酸氢根离子	HCO_3^-	−1
铵根离子	NH_4^+	+1

活动 4

1. 用符号表示：2 个钠离子 ＿＿＿＿＿＿＿ ；5 个氢氧根离子 ＿＿＿＿＿＿＿ ；n 个氯离子 ＿＿＿＿＿＿＿ ；带 2 个单位负电荷的硫离子 ＿＿＿＿＿＿＿。
2. 写出 4 CO_3^{2-} 中各数字表示的意义：
   "4" ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
   "2" ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
   "3" ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

2.3　元素周期表

元素周期表（periodic table of elements）被称为化学家的地图，根据化学元素在这张地图中的位置，我们就能初步推断出这种元素的基本性质。为什么会这么神奇？

2.3.1　元素周期表的制订

1869 年，人们已经发现了六十三种元素，这些元素各自具有不同的性质。此时，一个问题摆在了科学家面前：这些元素的性质差异，是否遵循着某种规律呢？对这个问题，许多人开展了研究。俄国科学家门捷列夫（Dmitri Ivanovich Mendeleev，1834–1907）发现，一些元素具有相似的化学和物理性质。例如，氯和氟都是气体，都会刺激和损伤人的肺部。银和铜都具有金属光泽，但暴露在空气中会逐渐失去光泽。当门捷列夫把这些元素按原子量（现称"相对原子质量"）递增进行排列后，发现元素的性质会重复出现。1869 年，门捷列夫发表了他的第一张元素周期表（图 2–10）。

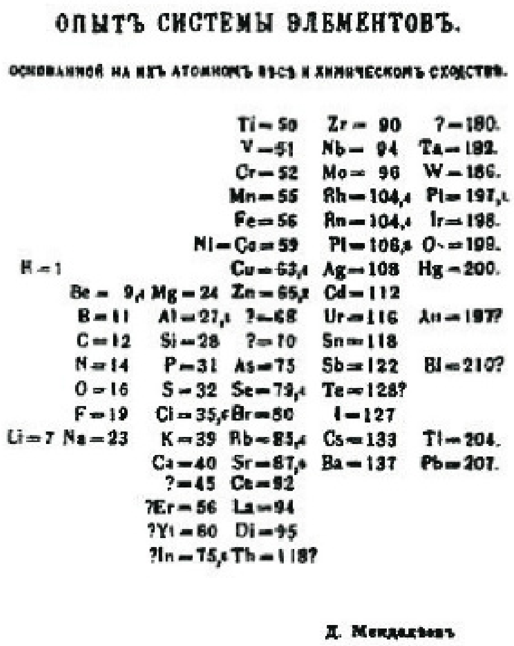


图2–10　门捷列夫的第一张元素周期表。他在某些地方画上了问号，认为此处存在尚未发现的新元素。

自门捷列夫元素周期表问世以来，元素周期表的结构经历过重大调整，每当有新元素被发现时，它们就被填补进元素周期表。就这样，门捷列夫的元素周期表逐渐发展成了现代的元素周期表。现代的元素周期表是根据元素的核电荷数从小到大，并按原子结构规律排列而成的。

2.3.2 从元素周期表中获取信息

在元素周期表中，每个格子对应一种元素，这里都包含着哪些信息呢？

读 图

元素周期表中的每一格所包含的信息有哪些？

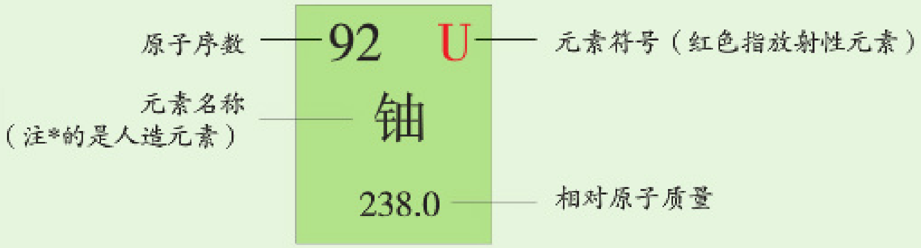


图2-11 元素周期表中的信息

从这个格子（图 2-11）中，我们可以知道该元素的名称及元素符号。左上角的原子序数表明该元素原子核内的质子数，即核电荷数。如铀的原子核内有 92 个质子，核电荷数是 92。元素就是根据原子序数（核电荷数）递增的次序排列在元素周期表（图 2-12）中的。由于一种元素往往有几种质量不同

周期＼族	IA 1	IIA 2	IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIIB 7	VIII 8	9	10	IB 11	IIB 12	IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	0 18
1	1 H 氢 1.008																	2 He 氦 $1s^2$ 4.003
2	3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.012											5 B 硼 10.81	6 C 碳 12.01	7 N 氮 14.01	8 O 氧 16.00	9 F 氟 19.00	10 Ne 氖 20.18
3	11 Na 钠 22.99	12 Mg 镁 24.31											13 Al 铝 26.98	14 Si 硅 28.09	15 P 磷 30.96	16 S 硫 32.06	17 Cl 氯 35.45	18 Ar 氩 39.95
4	19 K 钾 39.10	20 Ca 钙 40.08	21 Sc 钪 44.96	22 Ti 钛 47.87	23 V 钒 50.94	24 Cr 铬 52.00	25 Mn 锰 54.94	26 Fe 铁 55.85	27 Co 钴 58.93	28 Ni 镍 58.69	29 Cu 铜 63.55	30 Zn 锌 65.39	31 Ga 镓 69.72	32 Ge 锗 72.64	33 As 砷 74.92	34 Se 硒 78.96	35 Br 溴 79.90	36 Kr 氪 83.80
5	37 Rb 铷 85.47	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.91	40 Zr 锆 91.22	41 Nb 铌 92.91	42 Mo 钼 95.94	43 Tc 锝 [98]	44 Ru 钌 101.1	45 Rh 铑 102.9	46 Pd 钯 106.4	47 Ag 银 107.9	48 Cd 镉 112.4	49 In 铟 114.8	50 Sn 锡 118.7	51 Sb 锑 121.8	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.9	54 Xe 氙 131.3
6	55 Cs 铯 132.9	56 Ba 钡 137.3	57~71 La~Lu 镧系	72 Hf 铪 178.5	73 Ta 钽 180.9	74 W 钨 183.8	75 Re 铼 186.2	76 Os 锇 190.2	77 Ir 铱 192.2	78 Pt 铂 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 汞 200.6	81 Tl 铊 204.4	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 209.0	84 Po 钋 (209)	85 At 砹 (210)	86 Rn 氡 (222)
7	87 Fr 钫 (223)	88 Ra 镭 (226)	89~103 Ac~Lr 锕系	104 Rf 𬬻* [261]	105 Db 𬭊* [262]	106 Sg 𬭳* [263]	107 Bh 𬭛* [264]	108 Hs 𬭶* [265]	109 Mt 鿏* [268]	110 Uun * [269]	111 Uuu * [272]	112 Uub * [277]	……					

图2-12 元素周期表简表

的原子，相对原子质量是根据各类原子数量的多少计算得到的，所以元素的相对原子质量中一般会出现小数。

元素周期表共有七行，每一行称为一个周期。在同一周期内，从左至右，元素性质呈规律性递变。例如第 4 周期，靠左边的元素是非常活泼的金属钾和钙，中间的金属（如镍、铜等）活泼性较差，靠右边的是非金属（如硒、溴等）和非常不活泼的稀有气体（氪）。

元素周期表共有十八列，每一列叫做一个族（其中 8、9、10 三列共同组成一个族）。同一族中的元素具有相似的化学性质。例如，第 1 族中除氢外，都是非常活泼的金属元素，都能与水发生剧烈反应。

活动 5

从元素周期表上查找表 2-3 中的元素，并将结果填入表格中。

表2-3　元素表

核电荷数	元素名称	元素符号	核外电子数	相对原子质量	单质类别
6			6		
7					
12		Mg			
14					
16					非金属
18	氩				
20					
47				108	

元素周期表是学习和研究物质科学的重要工具。它的内容十分丰富，我们可以从表上获得元素的很多信息。例如，在元素周期表的最左边的元素（除氢外）是非常活泼的金属元素，中间的元素是活泼性较差的金属元素，靠右边的元素是非金属元素，最右边的元素是非常不活泼的稀有气体。对于金属元素、非金属元素和稀有气体，周期表用不同的颜色做了区分。

小档案

元素周期律的发现及其对我们的启示

很久以来，科学家一直在寻找各种元素之间相似和差异的规律。俄国科学家门捷列夫认为："自然界不可能是混乱无秩序的。自然界中一定存在着一种基本规律，它可以说明所有元素之间的差异和相同之处。"正是在这种思想的指导下，1869 年，他对当时已知的六十三种元素的原子量和性质（熔点、密度等）进行了比较，为每种元素做了卡片，试着按其性质对它们进行分类，并为尚未发现的元素留下了空格。直到 19 世纪末才制成了第一张元素周期表。后来，这些空格中的元素逐一被发现，并与门捷列夫预言的性质惊人地吻合。



图2-13　莫斯科大学化学楼前的门捷列夫塑像

尽管当时许多人研究周期律，但门捷列夫的元素周期表是最为成功的，其成功的关键是：①从元素的原子量与其化学性质之间的联系入手，探究元素体系的规律性；②当某一元素的性质使它不能按原子量来排列时，大胆地调换它的排列位置，因为他认为元素的性质比原子量重要；③给当时尚未发现的元素留下了恰当的空位。元素周期律的发现为元素知识的结构化奠定了坚实的基础。

2.4　化肥中的有效元素

玉米的叶子应该是绿色的，可我们种植的玉米叶片发紫了（图 2-14），这是怎么回事呢？原来玉米生病了，需要补充磷肥。



图2-14　缺磷的植株，常呈红色或紫色，干燥时呈暗绿色。

农作物的正常生长，除了需要一定的光照、水分、空气和温度条件外，还需要从外界吸收氮、磷、钾等营养元素。这些元素，有些是来自自然界的物质，例如土壤中的矿物质、动物的粪便、草木灰等；有些来自化学肥料（图 2-15）。化学肥料（chemical fertilizer，简称化肥）是用化学方法制成的肥料，其中含有一种或几种农作物生长需要的营养元素（图 2-16）。



图2-15　土壤中营养元素不足时，需要施用化学肥料来补充。



图2-16　常见的肥料

根据化肥中所含植物营养元素的不同，可把化肥分为氮肥（含氮，N）、磷肥（含磷，P）、钾肥（含钾，K）和复合肥等。

读图

分析下列化肥的组成，你认为它们各属于哪一类肥料？用线段将它们连起来。

硫酸铵	碳酸氢铵	硝酸钠	氯化铵	硝酸钾	碳酸钾
$(NH_4)_2SO_4$	NH_4HCO_3	$NaNO_3$	NH_4Cl	KNO_3	K_2CO_3

氮肥　　磷肥　　钾肥　　复合肥

磷酸二氢钙	磷酸钾	硫酸钾	氯化钾	磷酸铵	硝酸铵
$Ca(H_2PO_4)_2$	K_3PO_4	K_2SO_4	KCl	$(NH_4)_3PO_4$	NH_4NO_3

图2-17　化肥中的有效元素

氮肥能促使农作物的茎叶生长，缺氮时植株长得矮小，叶色发黄（图 2-18）。最常用的氮肥中一般含有氮的无机盐和含氮有机物，如碳酸氢铵（NH_4HCO_3）。人的尿液也是一种氮肥，其中有含氮有机物，如尿素［$CO(NH_2)_2$］。

磷肥能促进农作物根系发达，增强吸收养分和抗寒抗旱能力，促使作物穗数增多、籽粒饱满。缺磷时，植株暗绿带红。常见的磷肥有过磷酸钙［$CaSO_4$ 和 $Ca(H_2PO_4)_2$ 的混合物］。

钾肥能促使农作物生长，茎秆粗壮，增强抗病虫害能力，促进糖和淀粉的生成。缺钾时植株长得矮小，叶片上出现许多褐斑。常见的钾肥有硫酸钾（K_2SO_4）、氯化钾（KCl）和草木灰（主要成分为碳酸钾，K_2CO_3）。

复合肥是指含两种或两种以上主要营养元素的化肥。复合肥具有养分含量高的优点，对于平衡施肥、提高肥料利用率、促进作物的高产、稳产有着重要的作用。常见的复合肥有硝酸钾（KNO_3）、磷酸二氢钾（KH_2PO_4）等。

虽然化肥有助于植物生长，但长期使用化肥往往会使土壤板结，破坏土壤结构，因此通常需要加施一些有机肥。有机肥中含有大量有机物和多种营养元素（如微量元素硼、锌、铜、锰、钼等），有利于改良土壤结构，提高土壤肥力。



图2-18　缺氮的植株



图2-19　缺钾的植株

小档案

土壤板结怎么办?

造成土壤板结（图 2-20）的原因有很多。长期单一、过量施用化肥，是引起土壤板结的原因之一。土壤板结会影响作物对土壤养分的吸收，从而影响作物的品质和产量。

适当增加有机肥，不仅可以防止土壤板结，还可改善土壤结构，增强土壤保肥、透气、调温的性能。例如，花盆中的土壤板结了，可以在松树底下找点带松针的针叶土，或者到一些大的阔叶树下找点腐叶土，与原有的土壤相混合，这样就能有效改善土壤板结的状况。



图2-20　土壤板结

本章提要

1. 元素是具有相同核电荷数的同一类原子的总称。元素分为金属元素、非金属元素两大类。目前发现的元素已有一百一十多种。
2. 组成人体的主要元素是氧、碳、氢等。组成地壳的主要元素是氧、硅、铝、铁等。
3. 原子是元素的最小单位。
4. 在许多化学反应里，两种或两种以上的原子作为一个整体参加反应，这样的原子集团称为原子团。
5. 元素符号是国际上通用的化学符号，可以表示某种元素或者这种元素的 1 个原子。
6. 现代的元素周期表是根据元素的核电荷数从小到大，并按原子结构规律排列而成的。
7. 在元素周期表中，最左边的元素（除氢外）是非常活泼的金属元素，中间的元素是活泼性较差的金属元素，靠右边的元素是非金属元素和稀有气体。
8. 化肥主要包括含有氮元素的氮肥、含有磷元素的磷肥、含有钾元素的钾肥、含两种或两种以上主要营养元素的复合肥料等。

练习题

一、选择题

1. 若自来水中铅含量严重超标，则会危害人体健康。其中“铅”指的是（　　）。

   A. 元素　　B. 原子　　C. 分子　　D. 离子

2. 下列关于“2 S”中数字 2 的说法中，正确的是（　　）。

   A. 表示 2 个硫原子
   B. 表示 2 个硫元素
   C. 表示 2 个硫单质
   D. 表示 1 个硫分子由 2 个硫原子构成

3. 图 2-21 是氩元素在元素周期表中的有关信息。下列说法错误的是（　　）。

A. 元素符号是 Ar

B. 属于金属元素

C. 原子核外有 18 个电子

D. 相对原子质量是 39.95

18	Ar
氩	
39.95	

图2-21

4. 化学用语简洁明了、信息丰富、国际通用。下列化学用语及解释，正确的是（　　）。

A. Mg^{+2} —— 镁离子　　B. O —— 氧气

C. 5 C —— 5 个碳原子　　D. 2 N —— 2 种氮元素

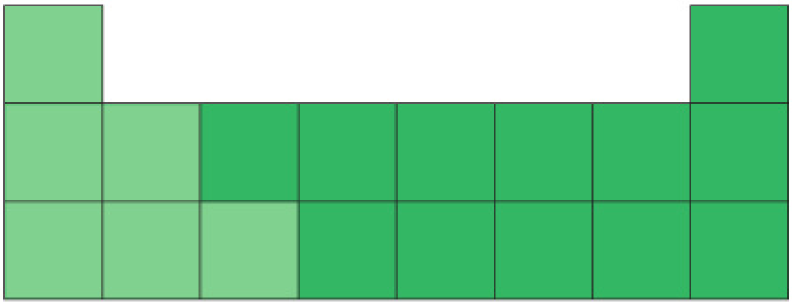
5. 尿素［$CO(NH_2)_2$］是一种高效化肥，它属于（　　）。

A. 氮肥　　B. 磷肥　　C. 钾肥　　D. 复合肥

二、简答题

1. 不看元素周期表，在表 2-4 的相应空格内写出核电荷数为 1 ~ 18 的元素符号。

表2-4　1 ~ 18号元素表



2. 用元素符号表示：1 个碳原子 ______；2 个氯原子 ______；3 个氮原子 ______；2 个钙原子 ______。

3. 请从 H、O、S、C、Mg 五种元素中选择适合的元素，按下列要求用化学用语填空：

（1）3 个硫酸根离子 ______

（2）2 个氧原子 ______

（3）金属元素 ______

4. 用符号表示：2 个氯离子 ________；3 个镁离子 ________；n 个碳酸根离子 ________。

5. 写出 3 SO_4^{2-} 中各数字表示的意义：

"3" ____

"2" ____

"4" ____

6. 简述元素与原子间有什么区别和联系。

第一单元

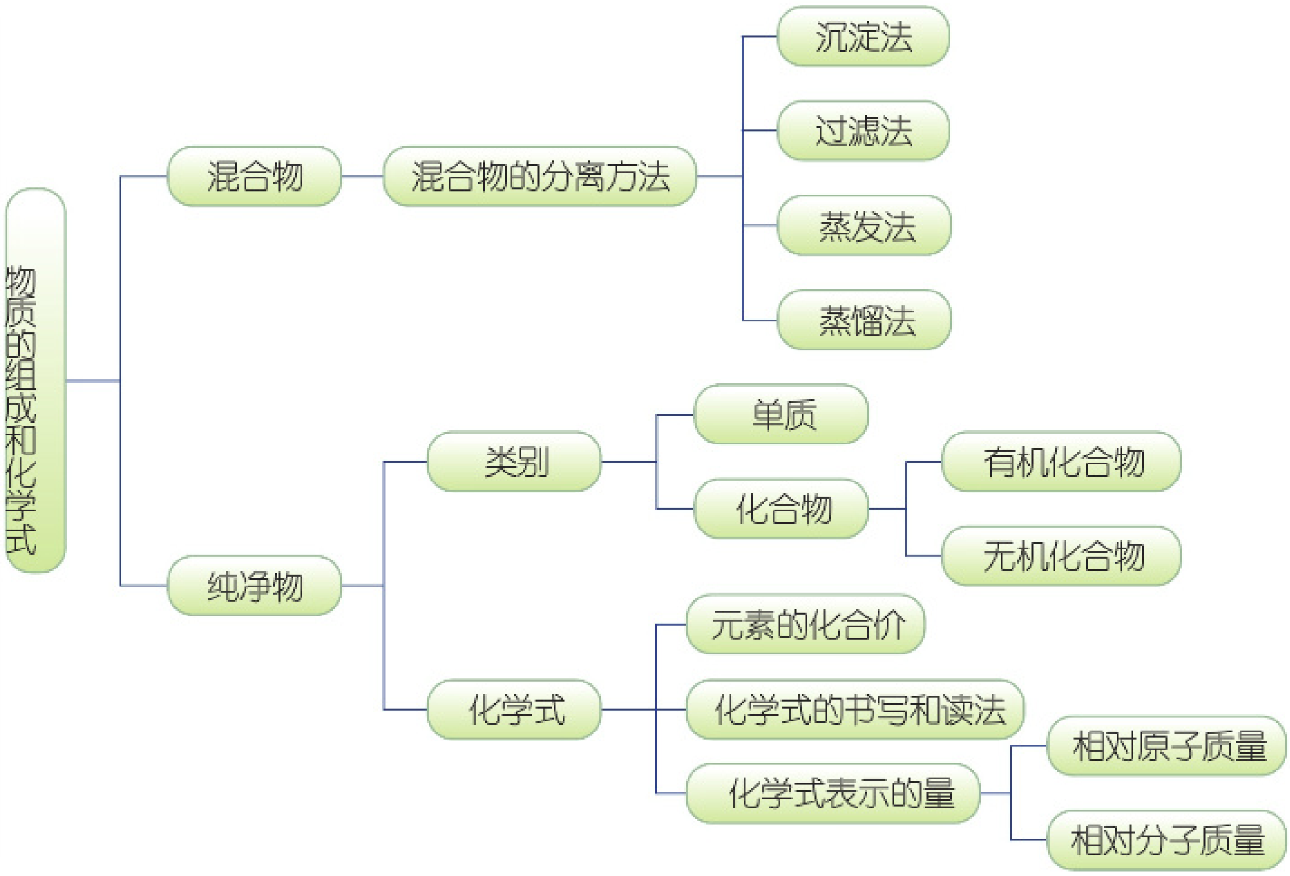
粒子的模型与符号

第3章 物质的组成和化学式

学习目标

1. 能说明什么是纯净物与混合物。
2. 初步学会混合物的分离技能。
3. 认识并能区分单质与化合物。
4. 能区分有机物和无机物。
5. 认识常见单质及化合物的名称与化学式。
6. 知道元素的化合价并能运用化合价写出简单的化学式。
7. 知道相对原子质量和相对分子质量。
8. 能根据化学式计算物质的相对分子质量。

本章概念图


物质的组成和化学式
混合物
混合物的分离方法
沉淀法
过滤法
蒸发法
蒸馏法
纯净物
类别
单质
化合物
有机化合物
无机化合物
化学式
元素的化合价
化学式的书写和读法
化学式表示的量
相对原子质量
相对分子质量

3.1 物质的分类

图书馆里的图书按照学科类别进行分类，有利于我们查找阅读。自然界中的物质种类繁多，性质各异，为了更好地研究和识别它们，我们也需要对它们进行分类。

3.1.1 混合物与纯净物

你一定喝过牛奶，你喝进去的牛奶是单一的物质吗？

牛奶中含有乳糖、脂肪、蛋白质、矿物质和水等物质，它属于混合物。混合物（mixture）是由两种或两种以上物质混合而成的。我们在日常生活中见到的物质，很多属于混合物，如泥土、牙膏、空气、饮料、糖水等都是混合物。

混合物中的各种成分只是简单地混杂在一起，互相之间不发生化学反应。也就是说，各成分都保持自己原有的性质不变。例如，空气中的氮气和氧气仍然保持它们原有的性质。不过，混合物中各成分的比例可以改变。例如，糖水中，你可以多加点糖让它变得甜些，也可再加点水让它变淡些。

纯净物中只有一种物质，氧气、二氧化碳、蒸馏水、硫酸铜晶体（图 3-1）都是纯净物。其实，所谓纯净是相对的，在现实世界中，绝对纯净的物质是不存在的。例如，蒸馏水中，多少会含有一些杂质，只是它们的含量很低，一般情况下可以忽略不计。



蒸馏水



硫酸铜晶体

图3-1　一些纯净物

想一想

1. 泥土中有哪些物质？不同地区的泥土，其成分含量是否相同？
2. 把物质分为纯净物和混合物，分类的标准是什么？

3.1.2 单质与化合物

纯净物还可以进一步分类，分类的方法有很多，我们可以按不同的标准进行分类。例如，按颜色不同，可把它们分为无色物质和有色物质；按存在的状态不同，可把它们分为固态物质、气态物质和液态物质；等等。不管你按什么标准来给物质分类，都需要仔细观察和研究，了解这些物质的基本性质。

活动 1

1. 观察图 3-2 中的物质，并按它们的颜色和状态进行分类。



图3-2　7种不同的物质

当我们研究某一物质的性质时，通常用的是纯净物。

2. 请你另外设计一种分类方法，并说明分类的依据。______________。

物质的性质、用途与其组成有着密切联系，因此对纯净物，科学家常常根据其元素组成把它们分为单质和化合物。由同种元素组成的纯净物称为单质（element），如氧气、金属铁等。单质按性质不同又可分为金属单质（图 3-3）和非金属单质（图 3-4）。

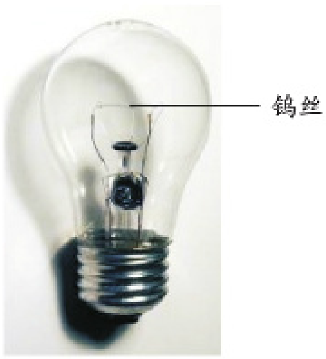


图3-3　灯泡中的钨丝——金属单质



图3-4　火山喷口处的硫黄——非金属单质

由不同种元素组成的纯净物称为化合物（compound），如氯化钠、氯酸钾等。其中由氧元素与另一种元素组成的化合物称为氧化物（oxide），如氧化钙（CaO）、水（H_2O）等。

当元素形成化合物后，表现出了与组成它的元素的单质完全不同的性质。例如，蜗牛壳的主要成分碳酸钙是化合物，碳酸钙这种化合物由钙、碳、氧三种元素组成，它的性质与单质钙、碳和氧气有着天壤之别。

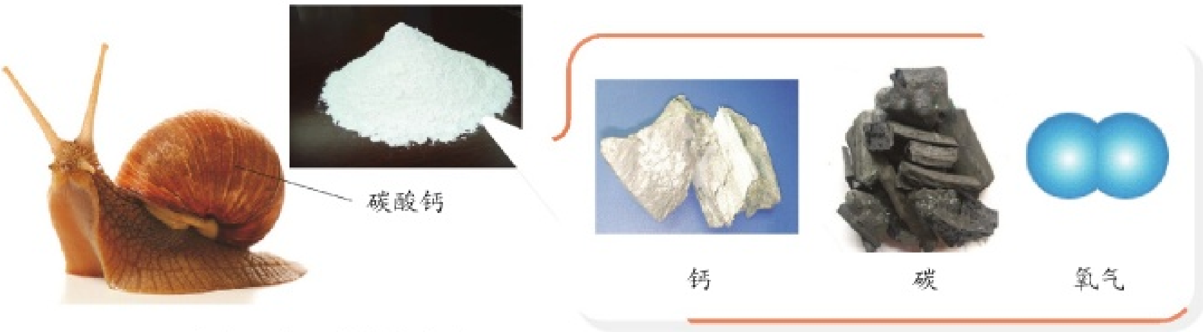


图3-5　多种元素组成的化合物

读图

图 3-6 中，●、●分别表示氢原子、氧原子。其中混合物是＿＿＿＿＿；纯净物是＿＿＿＿＿＿；单质是＿＿＿＿＿＿；化合物是＿＿＿＿＿＿＿。

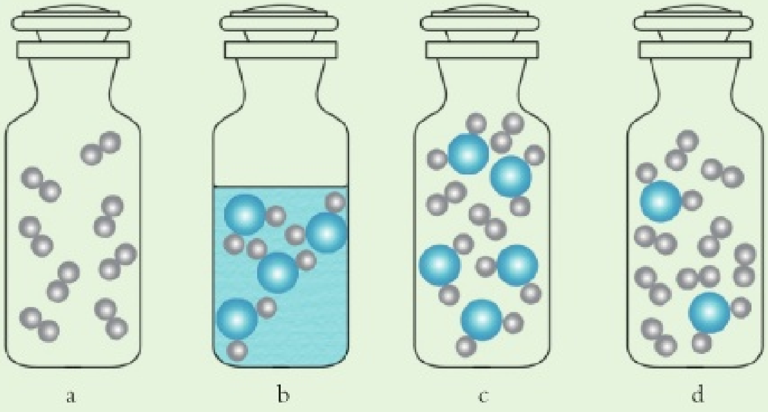


图3-6　4瓶不同的物质

从微观粒子的角度看，由分子构成的物质，纯净物由同种分子构成，混合物由不同分子构成。从元素种类的角度看，单质由一种元素组成，而化合物由多种元素组成。

想一想

根据所学的知识，完善物质分类的概念图（图 3-7）。

物质
- ______
- 纯净物
  - 单质
    - 金属
    - ______
  - 化合物

图3-7　物质的分类

3.2 混合物的分离

如果你不小心把铁屑、细沙和食盐混在了一起，你能采用什么方法把它们重新分离开来？混合起来很容易，分离开来却比较麻烦。

3.2.1　固体混合物的分离

对混合物进行分离，首先要考虑的是各成分的性质，根据性质来确定分离的方法。对于铁屑、细沙和食盐的混合物，不可能一次就完成分离任务，需要一种一种逐一分离。

活 动 2

1. 使用磁铁，从铁屑、细沙和食盐的混合物中分离出铁屑。



图3-8　混合物



图3-9　使用磁铁把铁屑分离出来

2. 如何对剩下的细沙和食盐进行分离？

（1）设计出将细沙分离出来的方案，写出简明的步骤。______________________________。

（2）按照你设计的方案，把细沙分离出来。

铁屑能被磁铁吸引，而细沙和食盐不具有这样的性质，因此可以借助这一性质差异来分离铁屑。对细沙和食盐的分离，可考虑一下细沙和食盐的溶解性。细沙不溶于水，而且容易在水中沉淀，食盐则能溶于水。

总之，固体混合物的分离没有固定的方法可循，需要根据实际情况，灵活制订分离的方法。

想一想

细沙和木屑混在一起，可以用什么简单方法把它们分离开来？

3.2.2　沉淀和过滤

细沙和食盐放在水中，细沙就会沉下来。把含有固体杂质的水静置，使水中的杂质沉淀到水底的方法称为沉淀法。沉淀法能把不溶于水的固体物质跟溶于水的物质以及水分离开。在污水处理厂，常用沉淀法对废水进行预处理（图 3-11）。



图3-10　浑浊的污水



图3-11　经过二次沉淀池处理后流出的水

明矾能吸附水中的悬浮杂质，从而使悬浮杂质凝聚成较大的固体颗粒。这样有利于杂质的沉淀，因此明矾常被用作凝聚剂。

活动 3

取一杯泥浆水，静置 5 min（图 3-12），观察泥土能不能完全沉在杯底？



图3-12　泥浆水沉淀

当对水质要求较高时，仅仅用沉淀法是不够的，这时可以采用过滤法。这种方法是让含有悬浮杂质的液体通过一种具有许多毛细小孔的物质（如滤纸等），悬浮液中的液体可以通过毛细小孔流走，其中的固体颗粒则被截留。因此，过滤法是一种把不溶于水的固体物质跟水分离开的常用方法。

活动 4

1. 按图把滤纸折成圆锥形，先将多余的滤纸剪去，把

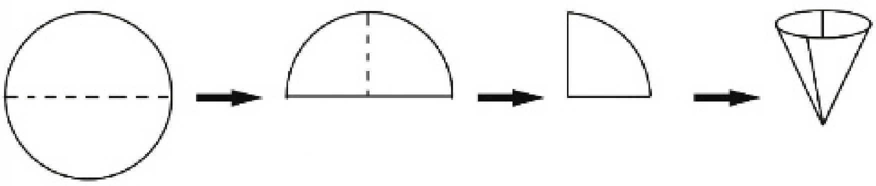




图3-13 过滤泥浆水

2. 细心观察滤纸。滤纸上留下了什么？________________。泥浆水发生了什么变化？________________。

在过滤时，我们把透过滤纸的液体称为滤液，把被截留积聚于滤纸上的固体颗粒称为滤渣。



图3-14 简单的茶叶过滤器



图3-15 制作纯水时进行预处理的过滤器

活动 5

1. 用下列材料制作一个沙石过滤器：1 个容量 1.5 L 的塑料瓶，1 根吸管，棉花，纱布，活性炭，石英砂，小卵石，杯子。
2. 与老师和同伴交流、讨论你的设计，然后作适当的修改，再利用你设计的过滤器过滤泥浆水，观察能否得到清澈的滤液。

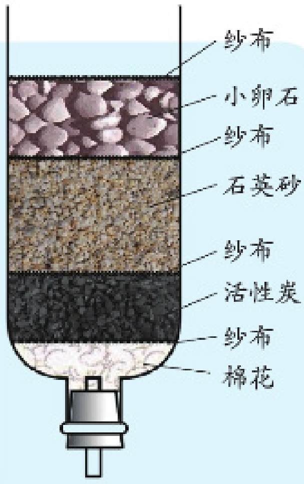


图3-16 自制净水器

3.2.3 蒸　发

在活动 2 中，我们为了分离细沙和食盐，把它们放到水中，食盐溶解生成了盐水。如果目标是得到食盐晶体，我们又该如何从食盐溶液中得到食盐晶体呢？

活动 6

1. 把活动 2 中通过沉淀法得到的盐水过滤后，倒入蒸发皿中。
2. 用本生灯加热，用玻璃棒不断搅拌，使液体均匀受热，以防止局部温度过高而造成液体飞溅（图 3-17）。
3. 当加热至大量固体出现时，停止加热，利用余热蒸干。

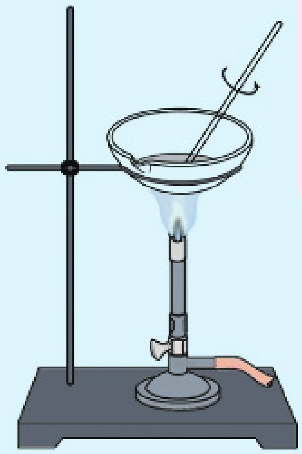


图3-17　蒸发

使用蒸发法时，溶质和溶剂应当是受热不分解的。

不可把热的蒸发皿直接放在实验台上，应垫上石棉网。要用坩埚钳夹持蒸发皿，不可直接用手拿。

这种采用蒸发溶剂使固体溶质和溶剂分离的方法称为蒸发法。

3.2.4 蒸　馏

污水经过沉淀、过滤等处理后，浑浊的水变澄清了，它变成纯净水了吗？没有，因为一些微生物和溶解在水中的杂质很难通过上述方法去除，我们可以通过什么方法获得纯净水呢？

利用图 3-18 所示的装置，把水加热至沸腾，让产生的水蒸气经冷凝管冷却成水滴，可以产生无杂质和微生物的纯净水。

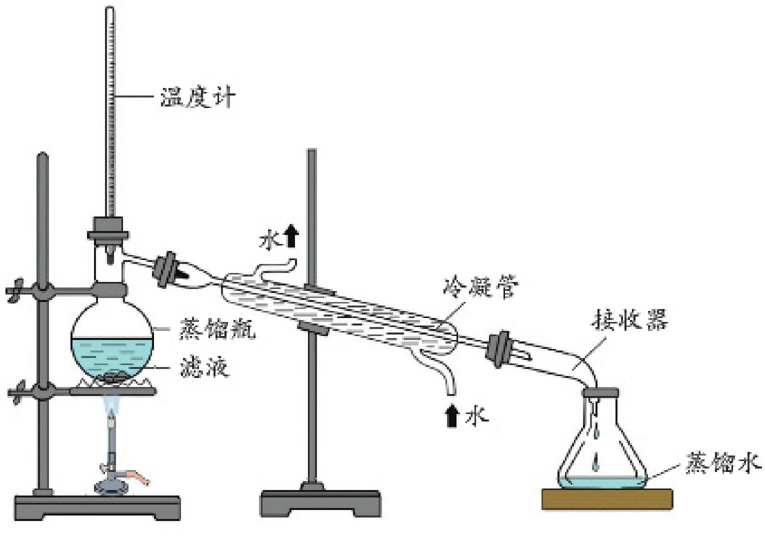


图3-18　蒸馏装置

这种净化水的方法称为蒸馏法，收集到的水就是蒸馏水。

实验 1

粗盐的提纯

目标

1. 学习溶解、过滤、蒸发等实验的操作技能。
2. 理解过滤法分离混合物的基本原理。
3. 体会过滤的原理在生活、生产等社会实际中的应用。

器材

粗盐、蒸馏水、天平(含砝码)1个、50 mL量筒1个、50 mL烧杯2个、玻璃棒1根、药匙1把、漏斗1个、滤纸若干、甑架(带铁圈)1组、蒸发皿1个、本生灯1盏、坩埚钳1把、胶头滴管1个、一样的小纸片若干、研钵1个、研杵1个。

过程

1. 溶解：将粗盐磨细，用天平称取5 g 。用量筒量取10 mL水倒入烧杯里，用药匙取一匙粗盐加入水中，并用玻璃棒搅拌。接着再加入粗盐，边加边用玻璃棒搅拌，一直加到粗盐不再溶解时为止。观察溶液是否浑浊。
2. 过滤：按图3–13制作过滤器，将滤纸折叠后用玻璃棒蘸水润湿，使其紧贴漏斗内壁并使滤纸上沿低于漏斗口。过滤时，倾倒液体的烧杯口要紧靠玻璃棒，玻璃棒的末端紧靠有三层滤纸的一边，漏斗末端紧靠承接滤液的烧杯的内壁。慢慢倾倒液体，注意液面须低于滤纸上沿。待滤纸内无水时，仔细观察滤纸上的剩余物及滤液的颜色。滤液仍浑浊时，应该再过滤一次。
3. 蒸发：把得到的澄清滤液倒入蒸发皿，把蒸发皿放在甑架的铁圈上，用本生灯加热，同时用玻璃棒不断搅拌滤液。当蒸发皿中出现较多固体时，停止加热，利用蒸发皿的余热使滤液蒸干。
4. 转移：用玻璃棒把固体转移到干净的纸上（图3–19）。称量质量后，回收到教师指定的容器中。



图3–19　转移固体

讨论

1. 组装过滤器时应注意哪些问题？
2. 过滤时，滤液过多而超出滤纸边缘或滤纸被划破了，应该怎么办？
3. 将提纯后的氯化钠与粗盐作比较，如何计算精盐的产率？

3.3 化学式

在一些气体钢瓶上我们常常会看到 N_2、CO_2、Ar、O_2 等符号（图 3-20），这种用元素符号和数字的组合表示纯净物组成的式子称为化学式（chemical formula）。化学式是根据什么规则写出来的？我们可以从化学式中获得哪些信息？



图3-20 气体钢瓶上常写着气体的化学式

3.3.1 单质的化学式

纯净物都有一定的组成，都可用一个相应的化学式来表示其组成。物质的化学式不是凭空想象得到的，而是科学家根据实验确定的，一种纯净物只有一个化学式。

单质的化学式怎么书写呢？首先写出组成单质的元素符号，再在元素符号的右下角用数字标出构成 1 个单质分子的原子个数。例如，空气中含有的氮气（分子由 2 个氮原子构成）和氧气（分子由 2 个氧原子构成），就可以用化学式表示为：N_2（氮气）、O_2（氧气）。

稀有气体的分子是由单个原子直接构成的，我们就用元素符号来表示它们的化学式。例如，Ar（氩气）。

金属单质和固态非金属单质的结构比较复杂，我们也用元素符号来表示它们的化学式（图 3-21）。例如，自然界中的铜、硫、金刚石等单质，可以直接表示为：Cu、S、C。



图3-21 单质铜用Cu表示

活动 7

根据以上规则，写出下列物质的化学式。

（1）稀有气体氦气和氖气（每个分子由单原子构成）：________________。

（2）氢气和氯气（每个分子里都含有 2 个原子）：________________。

（3）臭氧气体（每个分子内含有 3 个氧原子）：________________。

（4）金属铝、金属铁、石墨（单质碳）、固态磷：________________。

想一想

液态氮的化学式怎样写？

3.3.2 化合物的化学式

书写化合物的化学式时，首先要按一定顺序写出组成化合物的所有元素的符号，然后在每种元素符号的右下角用数字标出每个化合物分子中该元素的原子个数。

具体书写顺序是：氧元素与另一元素组成的化合物，一般要把氧元素的符号写在右边（例如，三氧化硫 SO_3）；氢元素与另一元素组成的化合物，一般要把氢元素的符号写在左边（例如，硫化氢 H_2S）；金属元素与非金属元素组成的化合物，一般要把非金属元素的符号写在右边（例如，氯化镁 $MgCl_2$）。



图3-22 护肤品上写着水的化学式

活动 8

根据规则，写出下列物质的化学式。

（1）一氧化碳 ________ 一氧化氮 ________ 氯化氢 ________

（2）二氧化硫 ________ 二氧化碳 ________ 水 ________

化学式的读法，一般从右向左读作“某化某”，如“CuO”读作氧化铜；如果某化合物由一个正价元素（或正价原子团）和一个负价酸根组成，则读作“某酸某”，如“$CaCO_3$”读作碳酸钙，“NH_4NO_3”读作硝酸铵。当1个分子中某元素原子个数不止1个时，还要指出1个分子里元素的原子个数，如“P_2O_5”读作五氧化二磷。

活动 9

根据以上规则，请写出下列化学式的名称。（用中文表示）

SO_3 ________；SO_2 ________；MgO ________。

3.3.3 化学式的意义

化学式能告诉我们该物质的许多信息。由分子构成的物质，从其化学式中可以获得的信息如表 3-1 所示：

表3-1 化合物化学式的意义

分类	意义	实例（以 H_2O 为例）
宏观	①表示一种物质	水
	②表示该物质的元素组成	水由氢元素和氧元素组成
微观	③表示物质的 1 个分子	1 个水分子
	④表示物质的分子构成	1 个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成

如果要表示某物质的几个分子，可以在化学式前面加上系数。如 2 个氧气分子可用 2 O_2 表示。

活 动 10

写出表示下列意义的符号：3 个二氧化碳分子 ____________________ ；5 个氮原子 ______________ ；n 个氢气分子 ________________。

由离子构成的化合物，其化学式的意义与表 3-1 所示有所不同。以氯化钠为例，其内部钠离子和氯离子交替排列（图 1-18），而且钠离子个数∶氯离子个数＝1∶1，所以可用 NaCl 代表氯化钠。它的含义是：①组成该化合物的元素；②该化合物中各离子的个数之比。

3.4 化合价

科学家发现每一种化合物都有特定的组成，如 1 个甲烷分子是由 1 个碳原子与 4 个氢原子构成的（图 3-23），其化学式为 CH_4。在甲烷分子中，碳原子和氢原子的结合能力是不同的。科学上把一种元素的原子同其他种元素原子结合的能力，用“化合价”（valency）来表示。

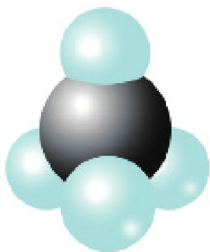


图3-23 甲烷分子结构模型

3.4.1 元素的化合价

元素的化合价怎么确定呢？一般情况下，氢（H）的化合价是 +1，氧（O）是 −2。水分子中氢原子和氧原子的化合价的代数和为：$(+1)\times 2+(-2)=0$。科学研究发现，化合物中所有元素化合价的代数和为零。在氢或氧与其他元素组成化合物时，根据化合价的代数和为零的原则即可推断出其他各元素的化合价。

活动11

表 3-2 中提供了一些物质部分元素的化合价（写在元素符号的正上方），请根据其组成推断其他元素的化合价。

表3-2 元素化合价的推断

$\overset{+1}{H}Cl$	$C\overset{-1}{Cl}_4$	$C\overset{-2}{O}_2$	$S\overset{-2}{O}_3$	$Mg\overset{-2}{O}$	$Mg\overset{-2}{S}$	$Na_2\overset{-2}{S}$

表 3-3 列出了常见元素的化合价，可以供我们查阅。

表3-3 常见元素的化合价

金属元素	元素符号	常见的化合价	非金属元素	元素符号	常见的化合价
钾	K	+1	氢	H	+1
钠	Na	+1	氟	F	−1
银	Ag	+1	氧	O	−2
钙	Ca	+2	氯	Cl	−1、+5、+7
镁	Mg	+2	溴	Br	−1、+5、+7
钡	Ba	+2	碘	I	−1、+5、+7
锌	Zn	+2	氮	N	−3、+5
铝	Al	+3	磷	P	−3、+5
铜	Cu	+1、+2	硫	S	−2、+4、+6
铁	Fe	+2、+3	碳	C	−4、+2、+4
锰	Mn	+2、+4、+6、+7	硅	Si	−4、+4

元素在和其他元素化合时才显示出正负化合价。在单质里，相同元素的原子结合不显示出正负化合价，元素的化合价为零。我们同样可以标出单质的化合价，例如：$\overset{0}{O}_2$、$\overset{0}{Cu}$、$\overset{0}{Fe}$。

活动12

根据以上所述，我们可以归纳出运用元素化合价的一般规则：

- 常见的化合物中，氢是 ________ 价，氧是 ________ 价。
- 金属元素常为 ________ 价。
- 非金属元素跟氧化合时常为 ______________ 价，跟氢化合时常为 __________ 价。
- 单质中元素的化合价为 ________ 价。
- 在化合物里，元素正负化合价的代数和为 ________。
- 有些元素在不同化合物里的化合价常常相同，如________________。
- 有些元素在不同化合物里的化合价常有不同，如________________。

根据元素化合价，我们可以正确地写出化合物的化学式。例如，写出氧化钠化学式的步骤是：先写出元素符号 NaO，并在元素符号正上方标出化合价 $\overset{+1}{Na}\overset{-2}{O}$，再根据化学式中各元素化合价代数和为零的规则写出化学式中各元素的原子个数，即 Na_2O。

活动13

根据元素的化合价，写出下列化合物的化学式：

氧化铝 ______________；硫化锌 ____________；硫化铁 (II) ______________；

氟化氢 ______________；氯化铜 ____________；溴化银 ______________。

3.4.2 原子团的化合价

在溶液中，原子团不能独立存在，它只是化合物的一个组成部分，作为一个整体参加反应。例如，硝酸铵（NH_4NO_3）是由铵根和硝酸根组成的，在水溶液中形成铵根离子（NH_4^+）和硝酸根离子（NO_3^-）。表 3-4 列出了常见原子团的化合价。

表3-4 常见原子团的化合价

原子团名称	原子团符号	原子团化合价
铵根离子	NH_4^+	+1
氢氧根离子	OH^-	−1
硝酸根离子	NO_3^-	−1
碳酸氢根离子	HCO_3^-	−1
硫酸根离子	SO_4^{2-}	−2
碳酸根离子	CO_3^{2-}	−2
磷酸根离子	PO_4^{3-}	−3

原子团的化合价是怎么来的呢？实际上它就是原子团中各元素化合价的代数和。例如，在硫酸根离子中，S 是 +6 价，O 是 −2 价，所以硫酸根离子的化合价为 $(+6)+(-2)\times 4=-2$。

活动14

1. 写出下列原子团中有关元素的化合价：

CO_3^{2-} 中 C 的化合价是 _____；NH_4^+ 中 N 的化合价是 _____；
OH^- 中 O 的化合价是 _____，H 的化合价是 _____。

2. 根据元素（或原子团）的化合价，写出下列化合物的化学式：

碳酸钠 _________；氢氧化铝 _________；碳酸 _________；
氯化铵 _________；硝酸钙 _________；磷酸钙 _________。

3.5 元素符号表示的量

原子的质量极小，1 个氢原子的质量为 1.674×10^{-27} kg，1 个氧原子的质量是 2.657×10^{-26} kg。当我们需要进行有关它们质量的计算时，会感觉很不方便。为方便计算，科学上采用相对原子质量（relative atomic mass）来表示原子的质量。

3.5.1 相对原子质量

相对原子质量如何确定呢？含6个质子和6个中子的碳原子（称为碳–12原子），其质量是 1.993×10^{-26} kg。把它的质量等分为12份，则每份的质量为 $1.993\times10^{-26}\times1/12=1.661\times10^{-27}$ kg。如果以这个数值作为基准，把其他原子的质量与它（1.661×10^{-27} kg）相比，这个比值就是该原子的相对原子质量。例如，氧原子的相对原子质量计算如下：

$$\frac{2.657\times10^{-26}}{1.661\times10^{-27}}\approx16$$

为了计算方便，相对原子质量一般用四舍五入的方法取整数。

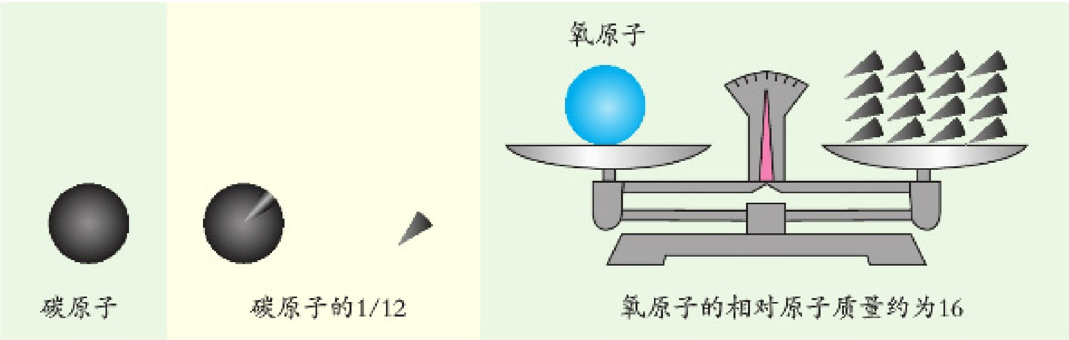


图3–24 氧的相对原子质量

同样的道理，氢原子的这个比值约为1，氢原子的相对原子质量就是1。因为相对原子质量是相对质量，是一个比值，所以没有单位。

读 图

阅读表3–5，为什么我们在计算相对原子质量时，没有把电子的质量考虑进去？________________________________。

表3–5 几种微粒的相对质量

微 粒	质量（kg）	相对质量	说 明
碳原子	1.993×10^{-26}	12	6个质子，6个中子
质 子	1.6726×10^{-27}	1	质子质量≈中子质量
中 子	1.6748×10^{-27}	1	
电 子	9.1176×10^{-31}	—	电子的质量是质子质量的1/1834

电子的质量比质子和中子的质量小得多，因此原子的质量几乎都集中在原子核里。

进行计算时，我们怎么知道元素的相对原子质量呢？查相对原子质量的方法很多，可以从元素周期表（附录）中查或从相对原子质量表中查，也可以从有关科学手册及相关网站中查询。

活 动 15

从元素周期表中查出表 3-6 所列元素的相对原子质量，并完成表格填空。

表3-6 部分元素的相对原子质量

核电荷数	元素名称	元素符号	相对原子质量
1			
6			
8			
11			
13			
17			

3.5.2 相对分子质量

分子是由原子构成的，由于分子质量很小，通常也用相对质量来表示它。一个分子中各原子的相对原子质量的总和，就是该分子的相对分子质量。例如，要知道硫酸的相对分子质量，首先要写出正确的化学式 H_2SO_4；然后再利用相对原子质量表，查出 H、S 和 O 各元素的相对原子质量；最后根据分子中各元素的相对原子质量总和求出相对分子质量。相对分子质量和相对原子质量一样，也是相对质量，因此也没有单位。

【例 1】试计算 H_2SO_4 的相对分子质量。

（相对原子质量：H = 1，O = 16，S = 32）

解：H_2SO_4 的相对分子质量

= 2（H）+ 1（S）+ 4（O）

= 2 × 1 + 1 × 32 + 4 × 16

= 98

纯净物的相对分子质量是一个定值。只要知道物质的化学式，就可以计算出它的相对分子质量。因此，对由分子构成的物质，化学式也可以表示这种物质的相对分子质量。

活动16

请根据相对原子质量的数据，计算下列分子的相对分子质量。

氧气（O_2）________；水（H_2O）________；

二氧化碳（CO_2）________。

小档案

相对原子质量的来历



图3–25　贝采里乌斯

你知道为什么把含6个质子和6个中子的碳–12原子质量的1/12作为相对原子质量的衡量基准吗?

最早提出原子量（后改为“相对原子质量”）这一概念的是英国化学家约翰·道尔顿。1803年，他把氢的原子量定为1，作为相对原子质量的基准。这样做的优点十分明显：氢是最轻的元素，其他元素的质量几乎都是它的倍数；当然缺点也很明显，氢原子只由质子组成，没有将质子和中子的质量差异考虑在内。

为了解决这一问题，1826年，贝采里乌斯改用氧原子量的1/100作为相对原子质量的基准。但由于其他原子的原子量与氧原子量的比值往往不是整数，所以比利时分析化学家斯塔斯（Jean Servais Stas，1813–1891）提出用氧原子质量的1/16作为基准，这个方案沿用了很多年。

1957年，美国质谱学家尼尔（A. O. Neer）和化学家厄兰得（A. OLander）提出以含6个质子和6个中子的碳-12原子的1/12为基准的方案。1959年国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）决定采用这一基准，1960年国际纯粹与应用物理联合会（IUPAP）也决定接受这个方案，于是它成为了目前世界公认的相对原子质量基准。

3.6 有机物

有机物对我们来说并不陌生，很多家庭用天然气来烧菜做饭（图3–26），天然气的主要成分甲烷就是最简单的有机物。科学家根据化合物组成元素的

不同，把它分为有机化合物（organic compound）和无机化合物（inorganic compound）。有机化合物简称有机物，你知道什么是有机物，有机物和我们人类有什么关系吗？



图3–26　天然气燃烧

3.6.1　什么是有机物

日常生活中，有机物无处不在。图 3–27 列出的物体中，我们都能找到有机物。

与动物有关	与植物有关	人造物
肌肉	煤炭	塑料
蚕丝	木头	纸张
羽毛	棉花	汽油
皮肤	种子	洗发水
……	……	……



图3–27　有机物清单

有机物在组成上有一个共同的特点：它们全都是含有碳元素的化合物，碳原子是这些化合物分子的主干。煤炭、塑料、木头等物质在空气中不完全燃烧时，都会有黑色的碳产生，这是它们含有碳元素的证据。

根据这个特点，科学上把含碳的化合物（碳的氧化物、碳酸和碳酸盐除外）统称为有机物，例如生物体中的蛋白质、脂肪、纤维素等。除碳外，有机物大多还含有氢、氧、氮等元素。而无机化合物一般指由碳以外的其他元素组成的化合物，如水、食盐等，其中也包括了碳的氧化物、碳酸和碳酸盐等少数含碳化合物。

有机物具有一些相似的化学特性，如在空气中燃烧时会生成水和二氧化碳；不完全燃烧时会有黑色的碳产生。

> 当氧气不充足时，可燃物不完全燃烧。此时，可燃物中的部分碳、氢元素生成一氧化碳等有毒气体和小的炭黑颗粒物。

由于许多有机物可以在空气或氧气中燃烧，所以它们常常被用作燃料。有机物还有一些特性常被人们应用到日常生活和生产之中。例如，沾有油渍的衣服可用少量汽油来清洗、药材经白酒（含酒精）浸泡后能制成各种药酒等，就是利用这些有机物（汽油和酒精）是很好的溶剂的特性。

想一想

图 3-28 所示的厨房里有哪些有机物？



图3-28　寻找厨房里的有机物

3.6.2　一些重要的有机物

我们有时看到池塘的底部冒出小气泡，这些小气泡里的气体俗称沼气，其主要成分与天然气一样，都是甲烷（methane），它是一种最简单的有机物。人们除了用油气田产生的天然气作为燃料外，有些地方特别是农村往往建有沼气池。稻草及动物粪便在沼气池里经过发酵，产生的沼气可以作为燃料用于供热或照明（图 3-29）。



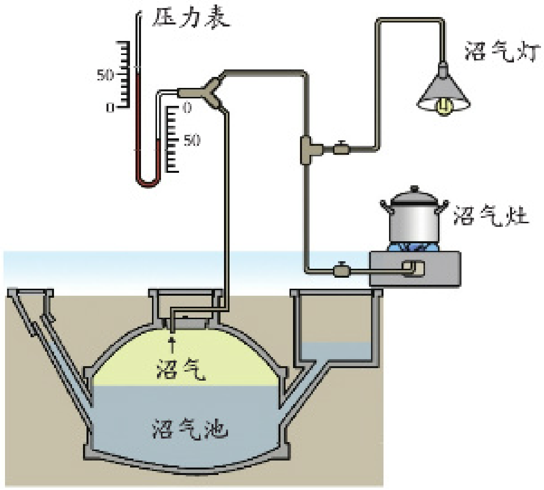


图3-29　沼气池

想一想

根据你所了解的天然气及其用途，推测人类主要利用它的什么化学性质。

打火机内的液体燃料和液化石油气的主要成分丁烷（butane），也是一种简单的有机物。金属加工时常会使用另一种简单的有机物乙炔（ethyne），它在氧气中燃烧时产生大量的热，可产生 3000℃以上的高温，生产中经常利用这个反应进行金属的焊接和切割（图 3-30）。



图3-30　用氧炔焰焊接和切割金属

有些有机物对生命活动具有重大意义。例如，糖类在生命活动过程中起着重要的作用，是动物维持生命活动所需能量的主要来源（图 3-31）。我们日常食用的蔗糖和粮食中的淀粉以及植物体中的纤维素、人体血液中的葡萄糖等均属糖类；蛋白质是生命的物质基础，生物体中每一个细胞的组成和所有重要的生命活动都有蛋白质参与。

石油、橡胶及棕油是主宰我国经济命脉的三大有机物。从油田开采出来的原油是一种成分复杂的混合物，经过提炼能得到汽油、柴油、润滑油等多种产品。此外，还可以对这些产品进行加工，以获得更多的化工原料，用来制造药物、塑料、合成纤维等。

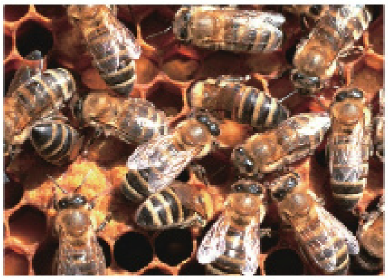


图3-31　富含糖类物质的蜂蜜



图3-32　橡胶树及由橡胶制成的轮胎

橡胶来自橡胶树，通过割胶收集胶液，对胶液进行各种处理后，能制成多种产品，例如轮胎、胶鞋等（图 3-32）。橡胶有很多优良性能，如一般情况下不会和化学物质起反应，具有优良的弹性、韧性等。但橡胶在高温时会变黏，低温时很硬脆。

棕油和棕仁油是从油棕树的果实中榨挤出来的。棕油是我国居民的主要食用油之一，它可加工制成人造奶油，还可以提炼出维生素 E。目前科技工作者还在开发利用棕油作为汽车燃料。

3.6.3 无机物和有机物的关系

过去，人们认为组成生物的物质与组成非生物的物质是不同的，把前者叫做有机物，后者叫做无机物，并且认为两者之间存在着根本性的差异。

1828 年，德国化学家弗里德里希·维勒（Friedrich Wöhler，1800–1882）首次使用无机物质氰酸铵（NH_4CNO）与硫酸铵人工合成了尿素［$CO(NH_2)_2$］（一种有机物）。尿素的合成证明无机物可以变成有机物，从而揭开了人工合成有机物的序幕。

后来，模拟原始大气的实验显示，有些无机物如氢气、水、二氧化碳、一氧化碳、氮气等，在一定条件下，经过阳光的照射和闪电作用，会变成一些简单的有机物，如甲烷（CH_4）、甲胺（CH_3NH_2）、尿素等。

这些实验告诉我们，自然界中的有机物是从无机物演变而来的，有了有机物才有了生命，最终有了人类。

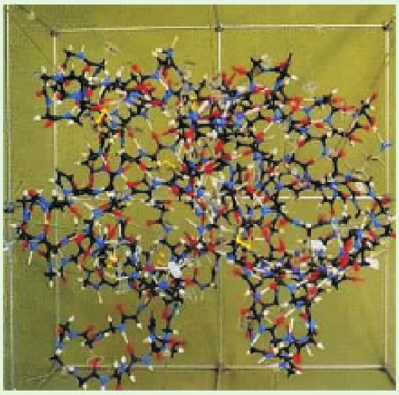
现在我们知道，自然界存在着无机物和有机物之间的变化。其基本途径是：二氧化碳和水等无机物被植物吸收后，通过光合作用变为有机物；植物体内的有机物再通过生物之间的食物关系进行转移；生物体通过呼吸作用将有机物转化为无机物，生物的排泄物和尸体在分解时其中的有机物也会变成无机物回到自然环境中去。

自然界中的有机物和无机物，就这样通过生物的生命活动在不断地变化和相互转化。

小档案

生命的支柱——碳原子

有机物中都含有碳元素，从某种意义上可以说，现代有机化学的全部精华就在于对碳的研究。该学科之所以包含“有机”二字，是因为在早期它的研究对象是组成生命体的物质。不过，现在有机化学已经演变成了对全部含碳化合物（除二氧化碳、碳酸盐等无机物外）的研究。


图3–33　牛胰岛素分子结构模型

相比于其他元素，碳元素的独特之处在于它能形成包含成百上千个碳原子的大分子化合物（图3–33）。碳原子作为生命的支柱，对于地球上生物的存在意义重大。如果地球上没有碳原子及碳化合物，地球表面将会与月球表面一样荒凉。从某种意义上可以说，地球上的生物体就是以水为基础，以复杂的碳化合物为主要支柱的一种精巧结构。

本章提要

1. 物质按组成可进行简单的分类：

- 物质
  - 混合物
  - 纯净物
    - 单质
      - 金属单质
      - 非金属单质
    - 化合物
      - 无机化合物
      - 有机化合物

2. 由一种物质组成的物质，称为纯净物。日常所见的绝大多数物质都是混合物，混合物中的各种成分保持了各自的化学性质。
3. 混合物中的各种物质，可以根据它们性质的差异采用沉淀法、蒸发法、过滤法和蒸馏法等方法进行分离。
4. 由同种元素组成的纯净物称为单质；由不同种元素组成的纯净物称为化合物。
5. 用元素符号表示物质组成的式子称为化学式。书写单质的化学式时，先写出组成单质的元素符号，再在元素符号右下角用数字标出构成 1 个单质分子的原子个数。书写化合物的化学式时，首先要按一定顺序写出组成化合物的所有元素符号，然后在每种元素符号的右下角用数字标出每个化合物分子中该元素的原子个数。
6. 氢（H）的化合价是 +1，氧（O）的化合价是 −2。化学式中所有元素的化合价的代数和为零。
7. 以含 6 个质子和 6 个中子的碳原子质量的 1/12 作为基准，其他原子质量与它的比值称为该原子的相对原子质量。相对分子质量是组成该分子的各元素相对原子质量的总和。
8. 化合物可以分成无机化合物和有机化合物。无机化合物一般指除碳外的其他元素组成的化合物，也包括少数的含碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳和碳酸盐等；有机化合物主要指含碳的化合物（碳的氧化物、碳酸和碳酸盐除外）。无机化合物和有机化合物在自然界中可以不断地变化和相互转化。

练 习 题

一、选择题

1. 下列混合物，能按“溶解 — 过滤 — 蒸发”的步骤加以分离的是（　　）。
   A．沙石和食盐　　B．蒸馏水和酒精
   C．葡萄糖和蔗糖　　D．硝酸铵和氯化钾

2. 我们每天都要用水，纯净的水是一种（　　）。
   A．元素　　B．单质　　C．化合物　　D．混合物

3. 下列各组物质，按单质、氧化物、混合物顺序排列的是（　　）。
   A．石墨、氯酸钾、石油
   B．铜、氧化镁、铁粉
   C．臭氧、二氧化硫、冰水混合物
   D．液态氧、干冰、空气

4. 高铁酸钠（Na_2FeO_4）是一种新型净水剂，杀菌消毒效果均优于目前使用的氯气。高铁酸钠中，铁元素的化合价为（　　）。
   A．+4　　B．+5　　C．+6　　D．+7

5. 下列关于 Fe、Fe^{2+}、Fe^{3+} 的说法中，正确的是（　　）。
   A．它们的化合价相同　　B．它们的质子数和中子数都不同
   C．它们的核外电子数不同　　D．它们的性质完全相同

6. 铁的相对原子质量为 56，它表示（　　）。
   A．铁单质的质量为 56 g
   B．一个铁原子的质量为 56 g
   C．铁的原子核内有 56 个质子
   D．一个铁原子的质量是一个碳 -12 原子质量的 1/12 的 56 倍

7. 下列是计算氢氧化钙［$Ca(OH)_2$］相对分子质量的式子，正确的是（　　）。
   A．40 +16 +1= 57　　B．40 +2 ×（16 + 1）= 74
   C．40 × 16 +1= 641　　D．40 × 2 × 16 × 1=1280

8. 下列物质中，不含有有机物的是（　　）。
   A．纳米铜　　B．棉花　　C．羊毛　　D．塑料

二、简答题

1. 以下每小题由三种物质形成一组，从备选答案中找出跟它们同一类的物质，将字母填入空格内。

(1)氧气、氮气、氯气、__________。

A. 水蒸气　B. 氦气　C. 氢气　D. 二氧化碳

(2)铝、镁、铁、____________。

A. 氯化钾　B. 锌　C. 二氧化锰　D. 高锰酸钾

(3)二氧化硫、五氧化二磷、二氧化碳、___________。

A. 水　B. 氧气　C. 硫酸铜　D. 氧化钾

2. 科学家在宇宙中发现了一种由氢元素组成的新物质，其化学式为 H_3。在 1 个 H_3 分子中有 _____ 个氢原子，H_3 的相对分子质量是 __________。

3. 确定下列化合物中硫元素的化合价。

SO_2　Na_2SO_3　$NaHSO_4$　H_2S

4. 根据元素的化合价，写出硫化锌、氟化银、氯化钡、硫酸、氢氧化铜、硝酸铵的化学式。

5. 求氧气、一氧化碳、二氧化碳、氯化钠的相对分子质量。

6. 实验室将粗盐制成精盐的过程中，在溶解、过滤、蒸发三个步骤的操作中都要用到玻璃棒。分别说明在这三种情况下使用玻璃棒的目的：

溶解时：________________________；

过滤时：________________________；

蒸发时：________________________。

7. 啤酒、红酒和白酒中都含有乙醇（C_2H_5OH），饮酒后乙醇可进入人体血液中。科学实验表明，当乙醇在人体血液中的含量超过 80 mg / 100 mL 血（每 100 mL 血中含有 80 mg 乙醇）时，便会严重影响人的驾车或操作机器的能力。已知饮用某品牌啤酒一大杯（0.56 L），会使血液中乙醇含量升高 30 mg / 100 mL 血。计算并回答下列问题：

(1)乙醇中含有几种元素？

(2) 1 个乙醇分子中碳、氢、氧原子的个数比是多少？

(3)小辉饮用了三大杯上述啤酒后，其体内每 100 mL 血液中乙醇的含量（理论上）升高多少毫克？会严重影响其驾车或操作机器的能力吗？

第二单元

空气与化学反应

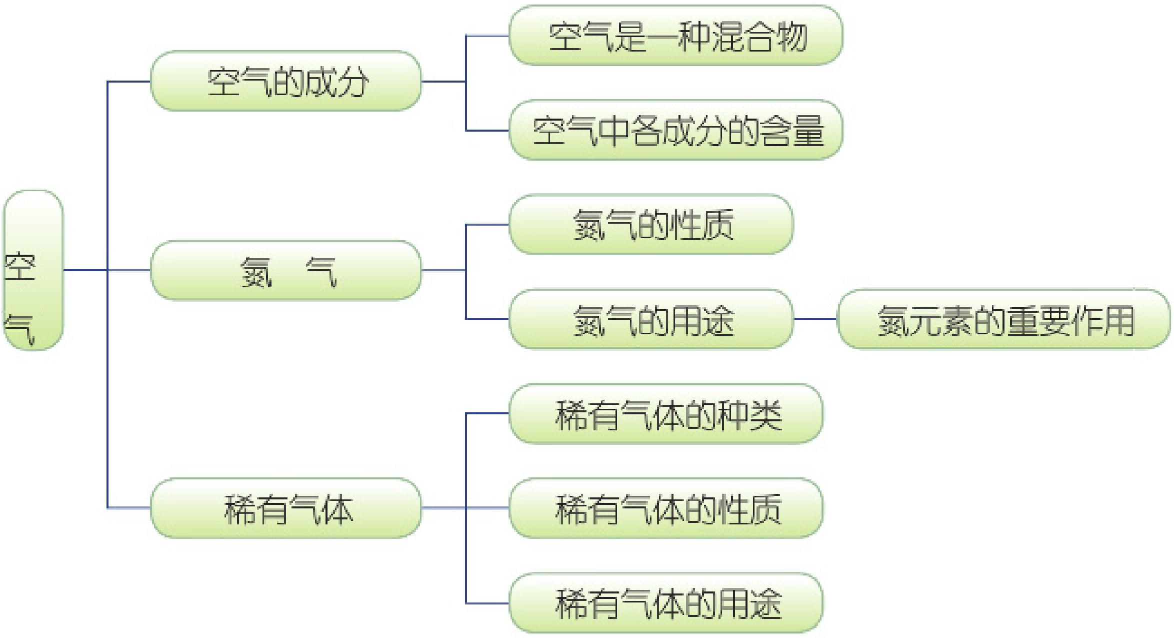
第4章 空气

学习目标

1. 能说出空气的主要组成成分。
2. 知道空气是一种混合物。
3. 能说出空气中氧气、二氧化碳、氮气和水蒸气所占的百分比。
4. 知道氮气的性质和用途。
5. 知道氮在生物体中的作用。
6. 知道稀有气体的性质及其用途。



本章概念图


空气
空气的成分
空气是一种混合物
空气中各成分的含量
氮　气
氮气的性质
氮气的用途
氮元素的重要作用
稀有气体
稀有气体的种类
稀有气体的性质
稀有气体的用途

4.1 空气的成分

从太空拍摄的照片（图 4-1）可以看出，地球被一层空气包围着。它里面含有维系万物生命所必需的物质，你知道空气里面有哪些物质吗？



图4-1　太空拍摄的照片显示的大气层

4.1.1 空气是一种混合物

空气中究竟含有什么？这个问题曾经困扰人类很久。空气中有氧气，这是我们都知道的，除了氧气外，空气中还有什么物质呢？

活动 1

1. 取 2 支试管，分别标上 a、b，各装入 5 mL 新制的澄清石灰水，观察石灰水的颜色。
2. 将 b 试管中的石灰水倒入一个空的矿泉水瓶中，盖紧瓶盖，充分振荡 100 下，观察石灰水的颜色。然后，将矿泉水瓶中的石灰水倒入另一空的矿泉水瓶，再振荡 100 下，将石灰水倒回 b 试管。

   对比 a、b 试管，你看到的现象是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。



图4-2　振荡矿泉水瓶中的石灰水

上述活动中，澄清石灰水变浑浊。进一步的研究表明，其原因是空气中有二氧化碳。

想一想

我们可以设计一个怎样的实验来证明空气中含有水蒸气？

从冰箱中拿出的杯子放在空气中，它的表面会形成一层水珠；密封在袋子里的饼干不会变软，而在空气中放置的饼干会受潮变软，这些都说明空气中有水蒸气。

法国化学家拉瓦锡（Antoine Laurent Lavoisier，1743-1794）通过实验首先得出了空气是由氮气和氧气组成的结论。19 世纪末，科学家们通过大量实验发现，空气里还有氦、氩、氙等稀有气体。此外，空气中还有少量微生物和尘埃等。因此，空气是一种混合物。

4.1.2　空气中各成分的含量

空气中混有多种不同的气体，这些气体的含量都相等吗？下面我们通过实验来确定空气中氧气的含量。

活动 2

1. 按图 4-3 所示装置，先在集气瓶里加入少量氢氧化钠稀溶液，再把剩余的容积用记号划分成十等份。烧杯中也加入适量水。
2. 点燃燃烧匙内的一小段蜡烛，立即塞紧瓶塞，观察到 ____________ 的现象。
3. 火焰熄灭后，振荡集气瓶，打开导管上的夹子，出现的现象是 ________________ ____________________________ ____________；瓶内水位变化的原因是 ________________。

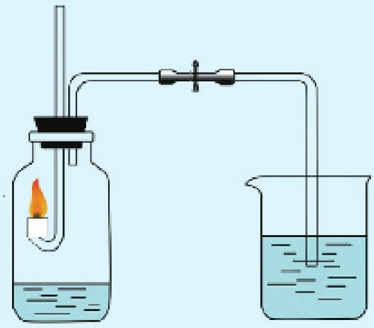


图4-3　测定空气中氧气含量的实验

4. 集气瓶中消耗的气体跟剩下的气体的体积比约为 ________。
   实验说明：____。

集气瓶内的水面上升了，说明蜡烛燃烧需要氧气，空气中的氧气被消耗了。

想一想

拉瓦锡测出氧气约占空气总体积的 1/5，而在我们的实验中，气体减少的体积往往小于 1/5。为什么会出现这样的现象？

大量实验测定表明，干燥空气中各成分的体积占比大约是：氮气 78%，氧气 21%，稀有气体 0.94%，二氧化碳 0.03% ~ 0.04%，其他气体和杂质 0.03%（图 4-4）。

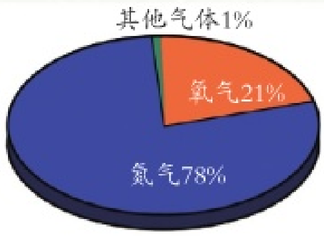


图4-4　空气的各成分体积组成

在通常情况下，空气中各成分的比例保持相对稳定，但并非一成不变，水蒸气在空气中的含量变化最大。沿海地区或热带丛林地区，水蒸气含量可高达 3% ~ 4%，但沙漠或寒冷地区可能低到 0.002% 以下。

小档案

氧气的发现

1774 年，英国科学家普利斯特里（Joseph Priestley，1733−1804）加热氧化汞（HgO）时，得到一种使人感到特别舒适、轻松的气体，并且发现物质在这种气体里燃烧时比在空气中更强烈。在这期间，瑞典科学家舍勒（Karl Wilhelm Scheele，1742−1786）在把软锰矿与浓硫酸一起加热时，也得到了一种使红热木炭火花四溅、光耀夺目的无色气体。

普利斯特里和舍勒实际上已经发现了氧气，并研究了它的性质。但由于墨守陈旧的燃素说，他们错失了发现氧气的良机。

1774 年 10 月，法国化学家拉瓦锡重做了普利斯特里的实验，并进行了定量分析，确认由氧化汞分解出来的气体是一种新物质（图 4-5）。1777 年，他将这种气体正式命名为“氧气”，并提出了他的燃烧学说，建立了科学的氧化学说。



图4-5　拉瓦锡研究空气成分所用的装置

4.2　氮　气

氮气（Nitrogen，N_2）无色、无气味，密度比空气略小，很难溶于水。它在空气中含量最多，约占空气体积的 4/5。氮气的化学性质不活泼，但是它很重要。

4.2.1 氮气冲淡了氧气

如果空气中没有氮气，将会有什么现象发生呢？

活动 3

准备 2 个集气瓶，一瓶装有空气（图 4-6a），另一瓶充满氧气（图 4-6b）。将燃烧的木枝分别伸入这 2 个集气瓶中。比较木枝在空气中燃烧与在氧气中燃烧的现象，合理的解释是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

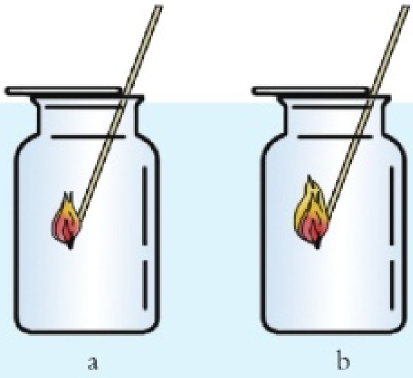


图4-6　木枝的燃烧

木枝在纯氧中剧烈燃烧，在空气中则能平稳地燃烧，这是因为空气中含有的氮气冲淡了氧气。氮气既不能燃烧，也不能帮助燃烧，使得物质在空气中燃烧时较不剧烈。

想一想

人类对含有 21% 氧气的空气已经适应了。在这种空气中，一根火柴完全燃烧大约需要 10 s，火炉内烧尽一小块松木大约需要 20 min。如果空气中的氧气含量增加到 40%，地球上将可能发生怎样的变化？

小档案

从空气中获取氮气

空气中含有大量的氮气，我们可以通过多种方法从空气中获取氮气。中空纤维膜分离技术是在 20 世纪中期发展起来的一种高新制氮技术。

在压力作用下，各种气体在中空纤维膜中的吸附、扩散、渗透速率不同。按顺序排列，我们称渗透速率大的气体为“快气”，如氧气、水蒸气；渗透速率小的为“慢气”，如氮气。压缩空气透过膜后，“快气”被富集在低压的外侧，作为“慢气”的氮气被富集到高压的内侧，从而实现了混合气体的分离，得到了氮气（图 4-7）。

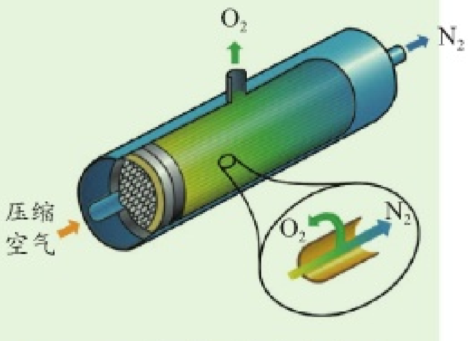


图4-7　中空纤维膜分离制氮

4.2.2 氮气的用途

氮气的性质不活泼，在一般情况下，它很难与其他物质发生化学反应。因此，在食品包装袋中充氮气可以防腐、保鲜（图 4-8）。但是，在一定的条件下（如高温），氮气也能与其他物质发生化学反应。这使它在生活和生产中有了更多的应用，如氮气是制造合成纤维（锦纶、腈纶）、合成树脂、合成橡胶等的重要原料；它还可用来制造化肥和炸药等。



图4-8 食品袋中充氮气保鲜

氮是构成蛋白质（protein）的重要元素之一，而蛋白质是组成人体和其他生物体的基本物质，也是生物进行生命活动必不可少的物质。从这个角度可以说，没有氮就没有生命。对植物来说，氮元素是它的重要养料。科学家估计，一年中，全世界的农作物要从土壤里吸收四千多万吨的氮。农民通常要施用含氮的肥料（图 4-9），农作物才能较好地生长。工业生产中一般用空气里的氮气作原料，通过化学方法生产各种氮肥。



图4-9 尿素是一种高效的氮肥

液态氮在汽化时会吸收大量的热，因此可被用作冷冻剂，医疗上常用液氮冷冻麻醉或冷藏人体细胞组织。例如冷冻胚胎技术（图 4-10），就是将通过试管培育技术得到的胚胎，贮存于 -196℃的液氮环境中，从而使胚胎得到长时间保存（图 4-11）。

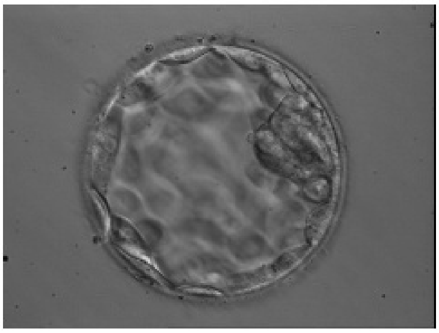

图 4-10 冷冻胚胎



图 4-11 贮存冷冻胚胎的液氮罐

想一想

有些博物馆把贵重的字画、墨宝保存在充满氮气的罐中，这是利用氮气的什么性质？

小档案

生物固氮

自然界存在着固氮微生物，它们能将大气中的氮气还原成氨，这种现象称为生物固氮。例如，有些豆科植物的根瘤（图 4−12）里有一种被称为根瘤菌的微生物，能够直接从空气中吸收氮气，转化为植物可以吸收的含氮化合物。目前，科学家们从固氮微生物那里得到启发，正在研究更高效的生产氮肥的方法。



图4−12　大豆根部的根瘤

4.3　稀有气体

稀有气体是几种气体的总称，在空气中含量不多，约占空气体积的 0.94%，但也是一类很重要的气体。

4.3.1　稀有气体的成员

空气中有五种气体，氦（helium，He）、氖（neon，Ne)、氩（argon，Ar）、氪（krypton，Kr）、氙（xenon，Xe），它们的化学性质非常不活泼，早先人们认为它们不与任何物质发生反应，因此被称为惰性气体（inert gases）。近几十年来，科学家发现虽然它们的化学性质非常不活泼，但是在特定条件下还是能够与其他物质发生反应，生成新物质，打破了“不与任何物质发生化学反应”的说法，因此后来人们把惰性气体改称为稀有气体（rare gases）。

稀有气体还有另一成员叫氡（radon，Rn），自然界中的氡是由镭、钍等放射性元素的原子核发生变化时产生的。氡也具有放射性，在形成后它的原子核也会很快发生变化成为稳定元素铅。

放射性元素不稳定的原子核在放射出粒子及能量后，可变得较为稳定，这个过程称为衰变。

4.3.2 稀有气体的用途

稀有气体虽然稀有并且几乎不与任何物质发生反应，但它们的用途却不少。

氦气很轻，又不会引起爆炸，可填充气球或飞艇，用于高空观察、运输物资和收集气象资料等（图 4-13）。氦气和氧气混合充入氧气筒中，可供深海潜水员呼吸（图 4-14）。如果潜水员吸的是普通空气，潜入深海时，海水压强很大，氮气会大量溶解在血液里。当潜水员浮出水面时，压强减小，溶解在血液里的氮气又会逸出，形成的气泡会阻塞血管而造成潜水员死亡。这种病叫"潜水病"。氦气在高压下也极难溶于血液，于是人们就利用氦气来代替氮气。



图4-13 飞艇



图4-14 潜水员的氧气筒中含有氧气和氦气，可预防"潜水病"。

人们常根据稀有气体的化学性质不活泼的特点，利用它们做保护气。例如，氩气和氮气混合充入灯泡中，可以保护灯丝。

由于稀有气体通电时能发出不同颜色的光，人们用它们制成了各种用途的电光源（图 4-15）。例如，氖气可充填电弧灯，用来标示飞机跑道，这种灯光能穿透 300 m 以上的雾，而且它的光芒



图 4-15 稀有气体通电后发出不同颜色的光

不会使飞行员眼花。将氙气装入特别的玻璃管中，再用高压放电，能发出很强烈的光，像一个人造小太阳。现在，它广泛用作灯塔、广场的照明灯，照相机的闪光灯等（图 4-16）。通电时，氖气会发出红光、氩气会发出蓝光，人们据此制成了五颜六色的霓虹灯。



图 4-16　体育场中的氙气灯

稀有气体还可用于激光技术、制造低温环境（液态氦）、用于冷冻麻醉（液态氙）等。

小档案

稀有气体的发现

1892 年，英国物理学家瑞利（Lord Rayleigh，1842–1919）发现：从空气中分离得到的氮气跟从化合物中制取得到的氮气，它们的密度不一样，两者相差 0.0064 g / L。这个微小差别引起了瑞利的注意。他与化学家莱姆塞（William Ramsay，1852–1916）合作，把空气中的氮气和氧气除去，用光谱分析鉴定剩余气体，终于在 1894 年发现了氩。由于氩和许多试剂都不发生反应，极不活泼，故被命名为 Argon，即“不活泼”之意。

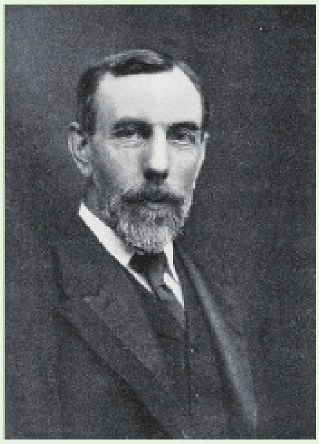


图4-17　莱姆塞

1895 年，莱姆塞和另一位英国化学家特拉弗斯（Morris William Travers，1872–1961）合作，发现了氦，并证实氦也是一种稀有气体。1898 年，莱姆塞和特拉弗斯又相继发现了氪、氖、氙。

1900 年，德国物理学家多恩（Fredrich Ernst Dorn，1848–1916）在铀制品中发现氡。氡是世界卫生组织（WHO）公布的 19 种主要致癌物质之一，有人认为它是仅次于香烟引起人类肺癌的第二大元凶。

本章提要

1. 空气是一种混合物，由氮气和氧气以及少量的稀有气体、二氧化碳、水蒸气、微生物和尘埃等组成。
2. 干燥空气成分（以体积计算）：氮气约占78%；氧气约占21%；稀有气体约占0.94%；二氧化碳约占0.03%～0.04%；其他气体和杂质约占0.03%。
3. 氮气无色、无气味，比同体积的空气略轻，很难溶于水。氮气的性质很不活泼，它既不能燃烧，也不能帮助燃烧；在一般情况下，它很难与其他物质发生化学反应。
4. 空气中含有的氮气冲淡了氧气，使得物质在空气中燃烧时较不剧烈。
5. 氮是构成人体蛋白质的主要元素，没有氮元素就没有生命。对植物来说，氮元素是它的重要养料。
6. 氮气有着许多用途：食品包装中充氮气可以防腐、保鲜；是制造合成纤维（锦纶、腈纶）、合成树脂、合成橡胶等的重要原料；还可用来制造化肥和炸药等。
7. 液态氮在汽化时会吸收大量的热，因此可被用作冷冻剂，医疗上常用液氮冷冻麻醉或冷藏人体细胞组织。
8. 稀有气体分别是氦、氖、氩、氪、氙、氡，它们在空气中的含量极少，化学性质不活泼。
9. 稀有气体常用作保护气；由于稀有气体通电时能发出不同颜色的光，人们用它们制成了各种用途的电光源；稀有气体还可用于激光技术、制造低温环境（液态氦）、用于冷冻麻醉（液态氙）等。

练 习 题

一、选择题

1. 空气是一种宝贵的自然资源，下列气体不可直接从空气中分离获得的是（　　）。

   A．用作医疗急救的氧气　　B．用作焊接保护气的稀有气体

   C．用作食品防腐剂的氮气　　D．用作清洁燃料的氢气

2．a、b、c 三个集气瓶中，分别盛有空气、氮气和氧气中的一种气体。用一根燃着的木枝分别插入瓶中，依次观察到火焰熄灭、继续燃烧、燃烧更旺，则瓶中所盛的气体依次是（　　）。

A．氧气、氮气、空气　　B．氮气、氧气、空气

C．空气、氧气、氮气　　D．氮气、空气、氧气

3．下列现象能证明空气中有水蒸气的是（　　）。

A．打开热水瓶盖，瓶口出现白雾

B．冰啤酒瓶子外面会出现水珠

C．人对着镜子哈气，镜子表面起雾

D．蜡烛火焰上罩一干冷烧杯，烧杯内壁出现水珠

4．小辉同学为验证空气中含有少量二氧化碳，将大针筒内的空气一次性压入新制的澄清石灰水中，发现石灰水没有变化。据此，小辉同学应该（　　）。

A．继续用大针筒向澄清石灰水压入空气

B．撤去大针筒，用嘴向澄清石灰水吹气

C．得出空气中没有二氧化碳的结论

D．得出空气中含有少量二氧化碳的结论

5．某博物馆最近启用新购置的“真空充氮杀虫灭菌消毒机”来处理和保护文物，即将文物置于该机器内，3 天后氮气浓度可达 99.99%，再密闭 3 天左右，霉菌等都被杀灭。下列有关氮气的说法错误的是（　　）。

A．通常状况下氮气易溶于水

B．氮气不能供给呼吸

C．通常情况下氮气的化学性质不活泼

D．高浓度氮气可抑制菌类的生长

6．下列气体属于稀有气体的是（　　）。

A．氦气　　B．氧气　　C．氮气　　D．二氧化碳

二、简答题

1．根据空气的成分填空：①小白鼠在装有空气的密闭容器中可存活一段时间，说明空气中含有 ________；②石灰水长期露置在空气中会出现白色固体物质，说明空气中含有 __________；③夏天，盛放冰棒的杯子外壁上附有一层水珠，说明空气中有 ____________。

2. 空气是由多种气体组成的混合物，是一种宝贵的自然资源。
（1）空气属于 ________（填“混合物”或“纯净物”）。
（2）空气中稀有气体的体积约占 ________。
（3）因为氮气具有 __________ 的化学性质，所以可充入食品包装袋内用于防腐。

3. 用线段分别将氮气和稀有气体与它们的组成、用途、性质连接起来。

	①化学性质不活泼
	②无色无味气体
a．氮气	③由氮元素组成
b．稀有气体	④制各种颜色的霓虹灯
	⑤合成氮肥
	⑥用作保护气

4. 小明同学在与医生交谈中获悉，正常人每分钟呼吸约 18 次，每次约吸入 0.4 L 空气。请问：一个人一天吸入体内的氧气约为多少升？

第二单元

空气与化学反应

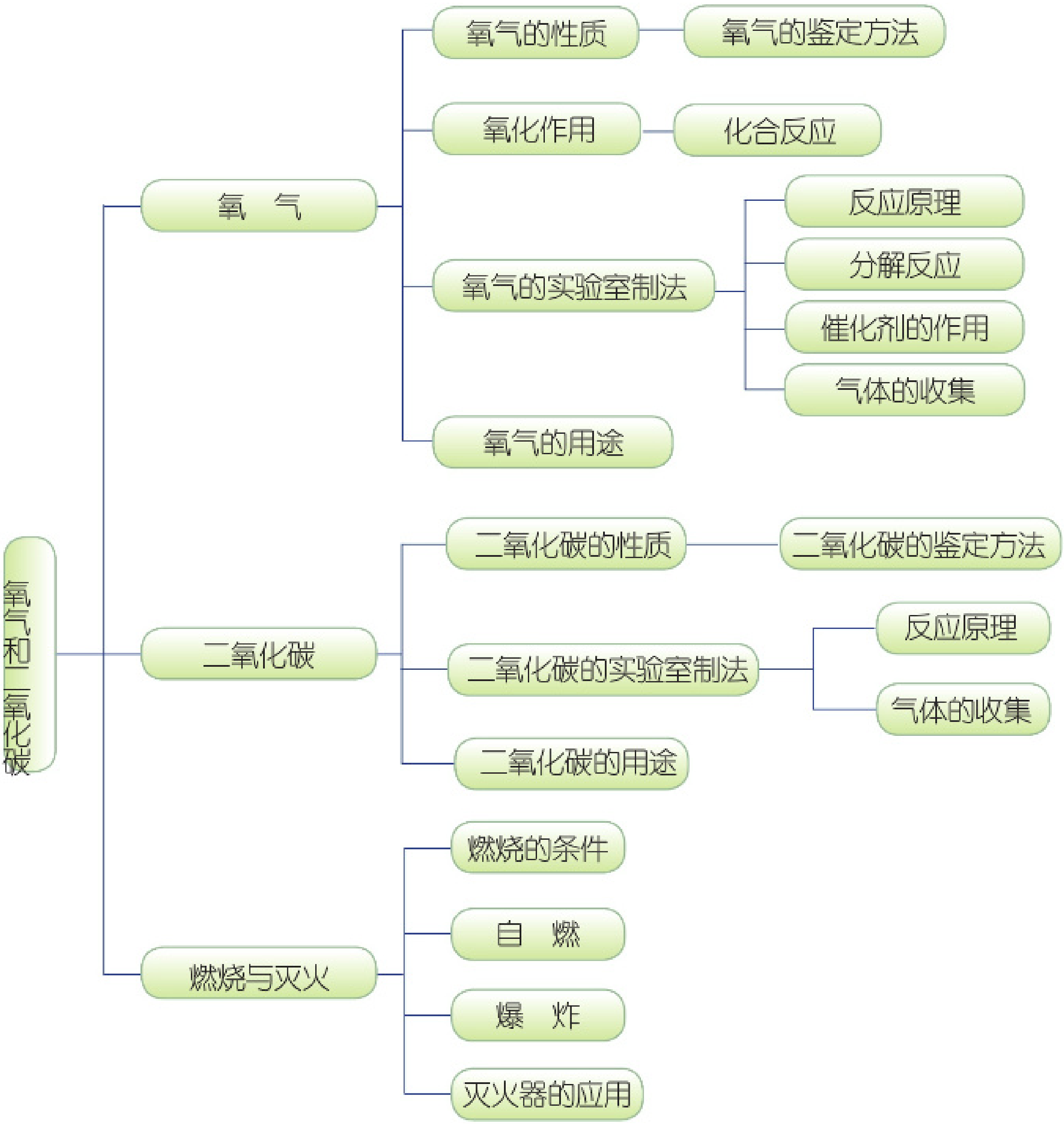
第5章 氧气和二氧化碳

学习目标

1. 能说出氧气的性质，并据此识别它。
2. 知道什么是化学反应。
3. 认识氧化作用。
4. 能说出氧气的实验室制取法。
5. 能说出催化剂在化学反应中的作用。
6. 能掌握化合反应和分解反应的特点。
7. 能说出二氧化碳的性质，并据此识别它。
8. 能说出二氧化碳的实验室制取法。
9. 知道氧气和二氧化碳的用途。
10. 能说出燃烧的条件。
11. 知道什么是燃烧、自燃和爆炸。
12. 知道灭火器的种类和应用方法。



本章概念图



氧气和二氧化碳
氧　气
氧气的性质
氧气的鉴定方法
氧化作用
化合反应
氧气的实验室制法
反应原理
分解反应
催化剂的作用
气体的收集
氧气的用途
二氧化碳
二氧化碳的性质
二氧化碳的鉴定方法
二氧化碳的实验室制法
反应原理
气体的收集
二氧化碳的用途
燃烧与灭火
燃烧的条件
自　燃
爆　炸
灭火器的应用

5.1 氧气的性质

氧气是空气的重要组成部分，地球上的动植物生长离不开氧气，人类的生活生产也离不开氧气。氧气有哪些重要的性质让我们离不开它呢？

5.1.1 氧气的物理性质

研究物质的性质是科学的一项重要任务，研究的内容包括物质的物理性质和化学性质等。我们先来研究氧气的物理性质。

活 动 1

1. 如图 5-1 所示，观察一瓶氧气的颜色和状态：______________________。
2. 用手轻轻地在瓶口扇动，使少量氧气飘进鼻孔，闻一闻它的气味（图 5-2）。氧气是一种 ____________ 的气体。



图5-1 氧气

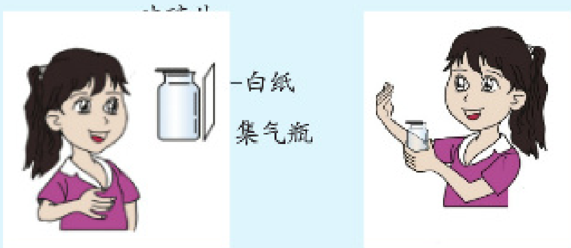


图5-2 氧气的观察和闻嗅的方法

根据以上的活动，我们知道了氧气是一种无色、无气味的气体。

想一想

鱼是从水中获得氧气的，水中的氧气是从哪里来的呢？



图5-3 鱼缸和给鱼缸中的水增氧气

氧气不易溶解于水，常温下 1 L 水中大约能溶解 30 mL 的氧气，这些氧气是水生生物得以生存的必要条件之一（图 5-3）。

在 0℃、标准大气压下，氧气的密度为 1.429 g / L，比空气密度略大。在 −183℃、标准大气压下，氧气液化成淡蓝色的液体；当温度为 −218℃时，氧气凝固成雪花状的蓝色固体。

在 0℃、标准大气压下，空气的密度约为 1.293 g / L。

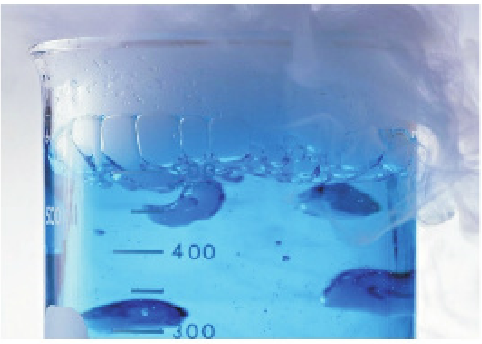


图5-4　液氧



图5-5　潜水员或登山运动员携带的氧气钢瓶

工业生产中需要的大量氧气，常用分离空气的方法来制备。在制取氧气的同时，可获得氮气。以下是工业上制取氧气和氮气的流程图：



图5-6　冷冻空气分离法

想一想

在工业生产中制取氧气时，空气、氧气和氮气发生的是物理变化还是化学变化？

5.1.2　氧气的化学性质

氧气、氮气和二氧化碳都是无色、无气味的气体，那么我们如何来判断某一气体是氧气呢？

活动 2

1. 将一根带有余烬的木枝伸入充满氧气的集气瓶里，观察产生的现象（图 5-7）。



图5-7　氧气可使带有余烬的木枝复燃

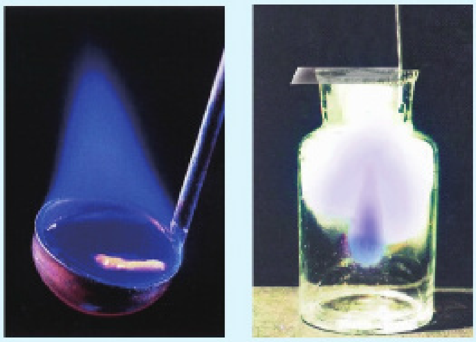


图5-8　硫在空气和氧气里燃烧

2. 在铺有细沙的燃烧匙里放入少量硫，在本生灯火焰上加热，直至燃烧，观察其现象（图 5-8）。然后把燃烧匙伸进盛有氧气的集气瓶里，观察燃烧的现象，用手触摸瓶壁，有什么感觉？

　　硫在空气中燃烧发出 ________ 色火焰，在纯净氧气中燃烧发出 ____________ 色火焰，反应生成一种具有 __________ 气味的二氧化硫气体，并 _______ 热。

氧气能使带余烬的木枝复燃，说明氧气能帮助燃烧。我们也常利用这一性质来检验某种气体是不是氧气。

硫和氧气发生反应，生成了一种具有刺激性气味的二氧化硫（SO_2）气体，并放出热量。反应可用以下文字表达式表示：

$$\underset{(S)}{\text{硫}} + \underset{(O_2)}{\text{氧气}} \xrightarrow{\text{点燃}} \underset{(SO_2)}{\text{二氧化硫}}$$

这个过程中，硫和氧气发生了化学变化，生成新物质二氧化硫。科学上把一种或多种物质变成新物质的过程称为化学反应（chemical reaction）。变化前的原物质称为反应物（reactant），变化后的新物质称为生成物（product）。

反应中的原子重排可以用模型表示（图 5-9），图中的黄球表示硫原子，蓝球表示氧原子。

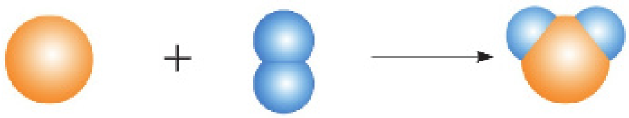


图5-9　硫与氧气反应的微观模型

在化学反应中原子重新组合，生成物中原子的组合形式与反应物中的不同。

活 动 3

取一根光亮的细铁丝绕成螺旋状，一端系上一根火柴，另一端系在一根粗铁丝上，点燃火柴，待火柴将要烧完时，立即伸进盛有氧气、瓶底预先装有少量水或铺上一层细沙的集气瓶里。观察发生的现象。

铁丝在氧气里 ________ ，并 ________ 热量，生成一种 ______ 色固体四氧化三铁。



图5-10　铁丝在氧气里燃烧

想一想

实验中为什么要在集气瓶底部铺细沙或装少量水？

铁和氧气的反应可用以下文字表达式表示：

$$\underset{(Fe)}{铁} + \underset{(O_2)}{氧气} \xrightarrow{点燃} \underset{(Fe_3O_4)}{四氧化三铁}$$

科学家通过许多实验证明，氧气能与许多物质发生反应，是一种化学性质比较活泼的气体。上述反应中生成的二氧化硫、四氧化三铁都是氧化物。

想一想

在上述生成二氧化硫、四氧化三铁的两个化学反应中，反应前后物质种类的变化上有什么共同点？

在上述化学反应中，参与反应的物质有两种，而生成的物质却都是一种。我们把由两种或两种以上的物质反应生成一种新物质的反应，称为化合反应（combination reaction）。

5.2 氧化作用

铁放在空气中时间久了会变得锈迹斑斑（图 5-11），苹果削皮后会变色（图 5-12）。如果说这两个现象产生的原因相同，你相信吗？



图5-11　锈迹斑斑的铁

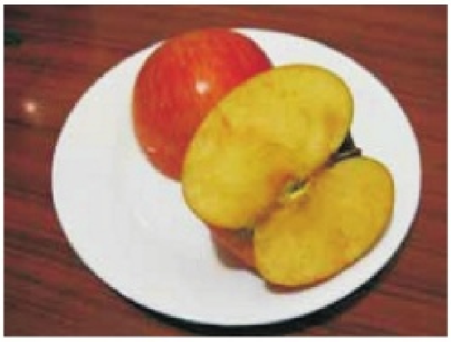


图5-12　苹果变色

5.2.1　氧化反应

久置在露天的铁器变得锈迹斑斑，是因为铁与氧气等物质发生了化学反应生成铁锈。苹果削皮后，细胞内的一些物质与氧气发生反应，生成了某些褐色物质，所以苹果削皮后在空气中放一会儿会变色。暴露在空气中的很多物质，如铜、铝等金属，会与氧气发生反应。物质跟氧发生的反应称为氧化反应（oxidation）。氧气能使其他物质氧化的性质称为氧化性。

想一想

比较硫和铁在氧气中燃烧与铁生锈、苹果变色这两组氧化反应的异同点。

铜和铁等金属表面生锈，这些氧化反应进行得非常缓慢，称为缓慢氧化。有些氧化反应则很剧烈，如物质的燃烧等，称为剧烈氧化。

5.2.2　自然界中的缓慢氧化

除了金属生锈外，自然界中还存在着大量其他的缓慢氧化作用。这些氧化作用虽然在短时期内不易察觉，但持续进行却会产生惊人的后果。

绝大部分食品中均含有油脂等营养成分，放置时间久了，这些成分会被氧气氧化，并释放出特有的臭味，严重时会挥发刺鼻的气味。这个现象称为“油

脂酸败”(rancidity)。经研究证实，吃酸败的脂肪会对人体产生多方面的危害，如致癌。

橡皮筋、胶鞋、轮胎等都是橡胶制品。橡胶制品在刚生产出来时，具有良好的弹性。放置在空气中一段时间后，橡胶会因为氧化作用而失去弹性、变软变黏或出现裂纹（图 5-13），这种现象称为橡胶的老化（ageing of rubber）。为防止橡胶老化，在橡胶加工时会加入一些称为“防老剂”的物质。


图5-13　轮胎老化出现裂纹

缓慢氧化并非都是给我们带来坏处，例如，生物的呼吸作用也是缓慢的氧化作用，这是我们维持生命所必需的。

想一想

你能举出生活中其他缓慢氧化的例子吗？

5.3　氧气的制取及用途

空气中的氧气主要来自植物的光合作用（图 5-14）。在实验室里，我们可以采用什么方法来制取少量的氧气呢？


图5-14　森林里的空气含氧气比较多，人们称之为天然“氧吧”

5.3.1 氧气的制取

过氧化氢（又称双氧水，H_2O_2）为无色透明液体（图5-15），在常温下会分解成水和氧气，但分解速度极慢。加入二氧化锰（MnO_2）后，反应速度将大大加快。实验室中可用分解过氧化氢的方法来制取氧气，其反应过程表示如下：

$$\underset{(H_2O_2)}{\text{过氧化氢}} \xrightarrow{\text{二氧化锰}(MnO_2)} \underset{(H_2O)}{\text{水}} + \underset{(O_2)}{\text{氧气}}$$



图5-15 双氧水

活动 4

1. 如图 5-16，在分液漏斗中加入 20～50 mL 15% 的过氧化氢水溶液，在烧瓶中加入 50 mL 水及 0.5 g 二氧化锰。
2. 转动分液漏斗的活塞，滴加过氧化氢水溶液到烧瓶中，待导管口连续均匀地排出气体时，用排水法收集气体并验证收集的是氧气。
3. 待烧瓶中不再产生气泡后，再次加入过氧化氢水溶液，观察发生的现象：__________________。

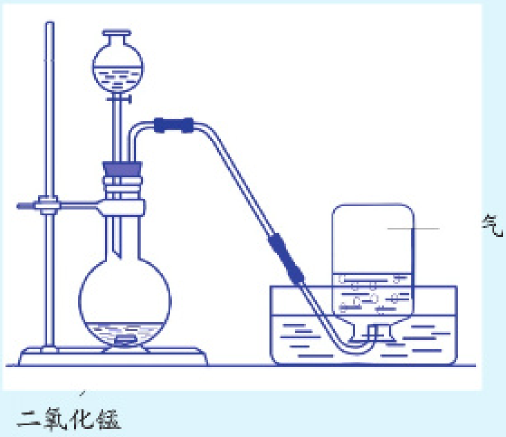


图5-16 制取氧气的装置

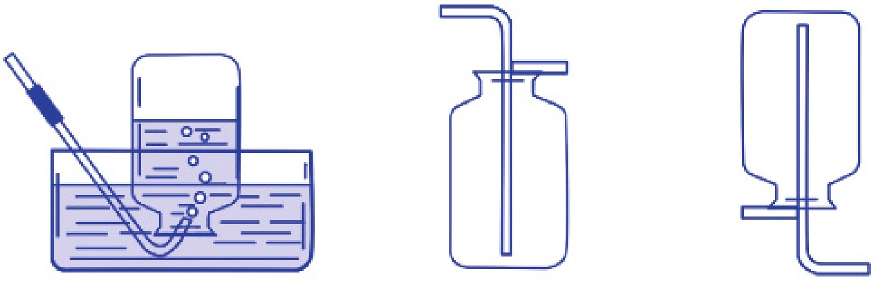
当再次加入过氧化氢水溶液时，又能产生氧气，二氧化锰好像永远也不会被消耗掉。如果实验前用天平称量二氧化锰的质量，实验后，把二氧化锰洗净、干燥、称量，发现它的质量没有发生变化。把它再次加入过氧化氢水溶液中，仍然能加速过氧化氢的分解。科学上把像二氧化锰这样能改变化学反应速率，本身的质量和化学性质在反应前后都没有改变的物质称为催化剂（catalyst），工业上又叫触媒。催化剂改变化学反应速率的作用，称为催化作用。

反应速率即化学反应进行的快慢。

想一想

在活动 4 中，收集氧气为什么可以用排水法？还可以用其他方法收集氧气吗？

用什么方法收集气体，主要取决于这种气体的性质。如图 5-17 所示，不易溶于水、不与水反应的气体（如氧气）可以用排水法收集；密度比空气大的气体（如二氧化碳）可以用向上排空气法收集；密度比空气小的气体（如氨气）可以用向下排空气法收集。



a 排水集气法　　b 向上排空气法　　c 向下排空气法

图5-17　收集气体的方法

实验室中也可用加热高锰酸钾或氯酸钾的方法制取氧气，其反应过程如下：

高锰酸钾（$KMnO_4$） $\xrightarrow{\text{加热}}$ 锰酸钾（K_2MnO_4）＋ 二氧化锰（MnO_2）＋ 氧气（O_2）

氯酸钾（$KClO_3$） $\xrightarrow[\text{加热}]{\text{二氧化锰（}MnO_2\text{）}}$ 氯化钾（KCl）＋ 氧气（O_2）

想一想

在上述三个制取氧气的化学反应中，反应前后物质种类的变化上有什么共同点？

与化合反应不同，上面介绍的三个制取氧气的化学反应中，参与反应的物质都只有一种，而生成的新物质却有多种。我们将由一种物质生成两种或两种以上新物质的反应称为分解反应（decomposition reaction）。

5.3.2　氧气的用途

氧气跟人类的生活及生产关系极为密切。你能说出氧气的用途吗？

读图

读图 5-18，说出氧气的用途。



a 氧气可以帮助病人呼吸



b 切割和焊接金属

图5-18 氧气的用途

生物都要呼吸，呼吸停止，生命就结束了。供给呼吸是氧气的重要用途之一。在一般情况下，只需吸入空气就可以满足人的需要。特殊情况下，需要增加氧气的供给。例如，呼吸困难或心肌供血不足的病人，就需要吸氧（图 5-18a）。

氧气的另一个重要用途是帮助燃烧。物质在纯氧中燃烧时，可以达到很高的温度。例如，氧气和乙炔混合燃烧产生的氧炔焰，可用来切割和焊接金属（图 5-18b）。炼铁、炼钢等冶金工业都需要用到氧气。液态氧还可作为火箭的助燃物。

小档案

家用制氧机

一些患有呼吸系统疾病、心脑血管疾病的病人需要在家中适量增加氧气吸入量，进行保健治疗。对健康的人群，适当增加氧气吸入量也可缓解神经疲劳、改善大脑供氧状况。于是，人们制造了家用制氧机（图 5-19）。

家用制氧机的制氧原理各不相同，常见的有：分子筛原理、高分子富氧膜原理、电解水原理、化学反应制氧原理。由于制氧的原理不同，家用制氧机的使用方法也各有差异。



图5-19 家用制氧机

实验 1

氧气的制取和性质研究

目标

1. 初步学会实验室制取氧气装置的装配、连接方法和气密性检查。
2. 初步学会实验室制取氧气的方法和以排水集气法收集气体，初步学会粉状固体试剂的使用方法。
3. 学习研究氧气性质的方法。

器材

大试管 1 个、单孔橡皮塞 1 个、橡皮管 1 根、玻璃弯管（120° 及 60° 各 1 个）、集气瓶 2 个、水槽 1 个、甑架（带铁夹）1 组、坩埚钳 1 把、本生灯 1 盏、玻璃片、木枝、火柴、粗铁丝、木炭、铝箔、棉花、澄清石灰水、高锰酸钾。

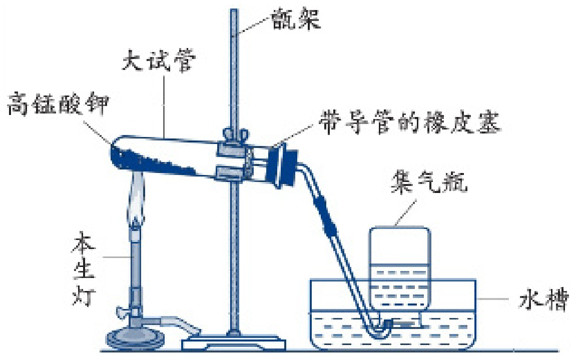


图5-20　实验室制取氧气的装置

过程

1. 按图 5-20 所示把仪器组装好，然后检查装置的气密性。其方法是：将导管的一端浸入水中，双手紧握试管的外壁，若装置不漏气，在导管的一端会出现气泡，移开双手，水就倒流到导管内形成一段小水柱。
2. 在试管中装入约 7 g 高锰酸钾，并把一团棉花放在试管口，用带导管的橡皮塞塞紧管口，使试管口略向下倾斜，固定在甑架上。
3. 来回移动本生灯，使试管受热均匀后将火焰集中在药品处加热。
4. 当气泡连续、均匀地放出后，再把导管口伸入盛满水的集气瓶里，收集 2 瓶气体。
5. 停止加热前，先把导管移出水面，然后再熄灭本生灯。
6. 观察收集到的气体，颜色是__________。
7. 用坩埚钳夹取一小块木炭，在本生灯上烧至发红。然后将木炭插入集气瓶内，出现__________现象，说明集气瓶中有__________。反应完后，向集气瓶内加入澄清石灰水，振荡后，有______________现象。（图 5-21）
8. 把 2 cm × 5 cm 铝箔片的一端固定在粗铁丝上，另一端裹一根火柴。点燃火柴，待火柴燃烧尽时，立即把铝箔伸入留有水、充满氧气的集气瓶中，有______________现象。（图 5-22）

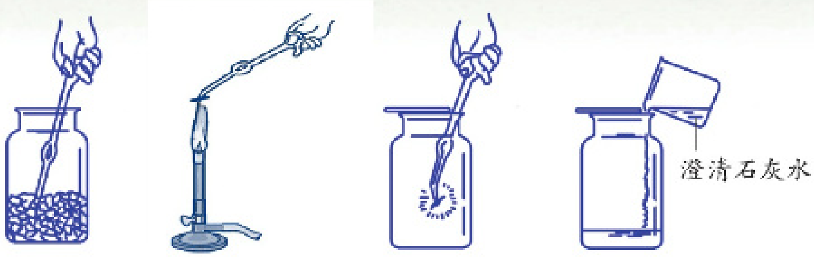


图5-21　木炭在氧气里燃烧

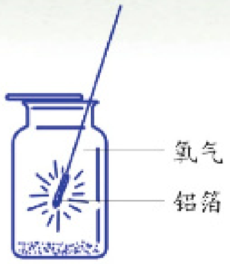


图5-22　铝箔的燃烧

讨论

若出现下列现象，应该如何解决？

1. 点燃本生灯后，立即将火焰集中在试管的药品部位加热，不久试管发生破裂。
2. 试管口向上倾斜，加热后不久试管破裂。
3. 停止加热时，先熄灭本生灯，然后再移出导管，试管破裂。
4. 看到水槽内导管口出现气泡，立即收集，收集后用带余烬的木枝伸入瓶口内试验，结果木枝不能复燃。
5. 在实验过程中，发现水槽内的水变成了紫红色。
6. 在做氧气性质实验时，木炭伸入集气瓶内，产生的现象与在空气里燃烧的现象相同。

5.4　二氧化碳的性质

二氧化碳在空气中含量不多，然而它在自然界中的作用却很重要。你知道它有哪些重要的性质吗？

5.4.1　二氧化碳的物理性质

活动 5

1. 观察一瓶二氧化碳的颜色和状态。
2. 用手轻轻地在瓶口扇动，使少量二氧化碳飘进鼻孔，闻一闻它的气味。
   二氧化碳是一种 ______________ 的气体。

3. 在平衡杠杆的两端各系上一只大小相同的纸袋，将二氧化碳倒入其中一只纸袋内，观察到的现象是____________________。这说明二氧化碳的密度比空气的密度____________。

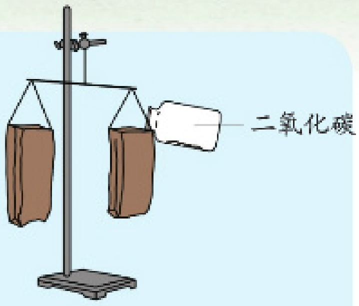


图5-23　二氧化碳的密度实验

在通常状态下，二氧化碳是一种无色、无气味的气体，密度比空气大，为 1.977 g / L。在加压降温的情况下，二氧化碳能变成无色液体（图 5-24），甚至变成冰雪状的固体（图 5-25）。固态二氧化碳就是我们通常说的“干冰”（dry ice）。温度高于 −78℃时，固态二氧化碳会直接升华变成气态二氧化碳，“干冰”的名称由此而来。



图5-24　装有液态二氧化碳的储罐



图5-25　干冰受热直接升华成气体

5.4.2　二氧化碳的化学性质

活动 6

如图 5-26 所示，向烧杯里倾倒二氧化碳，注意观察蜡烛火焰的变化。由此你能得出什么结论？______________________________________。

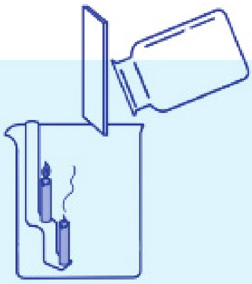


图5-26　向烧杯里倾倒二氧化碳

二氧化碳的密度比空气的密度大，因此能像倒液体那样从一个容器向另一个容器倾倒。二氧化碳不能燃烧，一般也不帮助燃烧。

活动 7

如图 5-27 所示，在一个充满二氧化碳的软塑料瓶里，迅速倒入少量蒸馏水，立即将瓶塞塞紧振荡，观察有什么现象？ ____________。在图 5-27 空白处画出观察到的现象。由此你能得出什么结论？ ________________________。

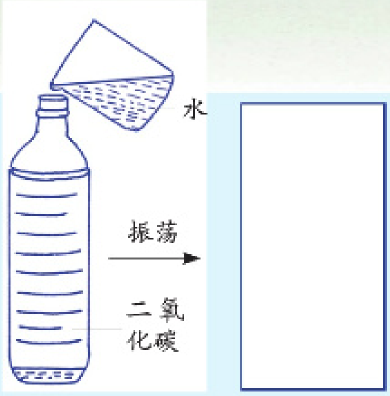


图5-27　在充满二氧化碳的瓶里加水振荡

二氧化碳能溶于水，通常 1 体积水能溶解 1 体积的二氧化碳，增大压强可使其溶解得更多。汽水等碳酸饮料就是利用增大压强使更多二氧化碳溶解于水中制成的。

想一想

二氧化碳溶于水的过程中，有没有发生化学变化呢？

活动 8

1. 取 2 支试管，分别加入少量蒸馏水及活动 7 得到的瓶中液体，然后分别滴加少量紫色石蕊试液，观察试管中液体颜色的变化：______________________。这说明 ____________________________。

表5-1

	蒸馏水	活动 7 所得液体
颜色变化		

2. 用本生灯加热颜色变化的那支试管（图 5-28），液体的颜色又如何变化？ __________________________。
3. 向澄清石灰水中吹气（图 5-29），观察石灰水的变化情况。

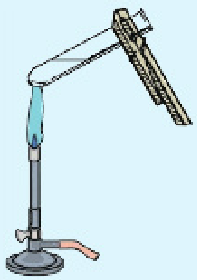


图5-28　碳酸分解

人呼出的气体中，二氧化碳的浓度比较高。



图5-29　向澄清石灰水里吹气

二氧化碳溶解在水里时，跟水发生化学反应生成碳酸（H_2CO_3）。碳酸呈酸性，能使紫色石蕊试液变成红色。

$$\underset{(H_2O)}{\text{水}} + \underset{(CO_2)}{\text{二氧化碳}} \longrightarrow \underset{(H_2CO_3)}{\text{碳酸}}$$

碳酸很不稳定，容易分解。加热后碳酸就会分解，生成二氧化碳和水。此时，红色的石蕊试液又变成了紫色。

$$\underset{(H_2CO_3)}{\text{碳酸}} \longrightarrow \underset{(H_2O)}{\text{水}} + \underset{(CO_2)}{\text{二氧化碳}}$$

当向澄清石灰水（氢氧化钙水溶液）里通入二氧化碳时，会生成白色的碳酸钙（$CaCO_3$）沉淀，使石灰水变浑浊。这一反应常用来检验二氧化碳气体的存在。

$$\underset{[Ca(OH)_2]}{\text{氢氧化钙}} + \underset{(CO_2)}{\text{二氧化碳}} \longrightarrow \underset{(CaCO_3)}{\text{碳酸钙}} + \underset{(H_2O)}{\text{水}}$$

活动 9

汽水是含有碳酸的水溶液。工厂在制造汽水时，要通过加压的方法，让较多的二氧化碳溶于水并与水发生反应。利用汽水，我们可以做两个有趣的实验。

1. 倒一杯汽水，再放几颗葡萄干到汽水里，会看到葡萄干在汽水中浮浮沉沉。
2. 如图 5–30 所示，打开一瓶汽水瓶盖，塞上带导管的橡皮塞，另一端伸到一支装有澄清石灰水的试管中，石灰水会变浑浊。

你能用科学知识解释上面的现象吗？

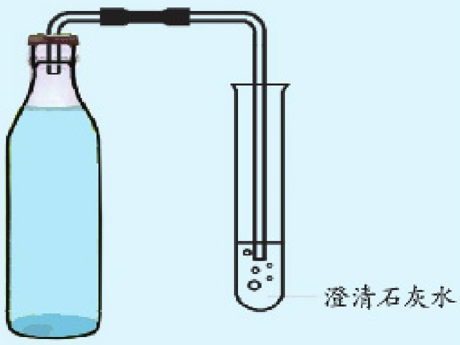


图5–30 将汽水瓶中的气体通入澄清石灰水中

5.5 二氧化碳的制取和用途

我们在进行岩石鉴别时，曾经学过将稀盐酸滴在岩石上，如果有气泡产生，表明它含有石灰石。这是什么道理呢？

5.5.1 二氧化碳的制取

把稀盐酸缓缓滴在石灰石上，见到的许多小气泡就是二氧化碳气体产生的。在实验室中，通常就用盐酸和石灰石（或大理石，它们的主要成分都是碳酸钙）反应来制取二氧化碳。

活动10

1. 在锥形瓶中加入适量石灰石，塞紧带有分液漏斗和导管的橡皮塞。
2. 把气体导管插入集气瓶中，导管口应处在接近集气瓶的瓶底处。
3. 打开分液漏斗的活塞，让稀盐酸缓缓流入锥形瓶中。
4. 片刻后，将燃着的木枝放到集气瓶口，观察现象。（图 5-31）

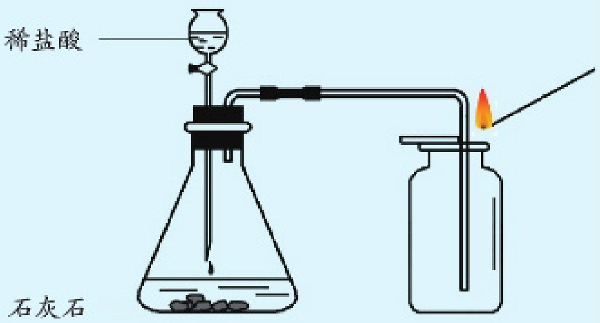


图5-31 实验室制取二氧化碳的方法

讨 论

1. 收集二氧化碳，为什么可以用向上排空气法？用排水法可以吗？为什么？
2. 如何证明二氧化碳已收集满了？如何检验某一集气瓶中的气体是二氧化碳？
3. 可以用石灰石和稀硫酸反应制取二氧化碳吗？

活动10中制取二氧化碳的反应过程可表示如下：

$$\underset{(CaCO_3)}{\text{碳酸钙}} + \underset{(HCl)}{\text{盐酸}} \longrightarrow \underset{(CaCl_2)}{\text{氯化钙}} + \underset{(H_2O)}{\text{水}} + \underset{(CO_2)}{\text{二氧化碳}}$$

这个实验不可用稀硫酸代替稀盐酸。因为稀硫酸和石灰石反应，所生成的硫酸钙不溶于水。硫酸钙覆盖在石灰石表面，会阻碍反应的继续进行。

5.5.2 二氧化碳的用途

根据二氧化碳的性质，你能推断二氧化碳的用途吗？

干冰在升华时要吸收周围环境中的热量，使周围环境的温度降低。这会使空气中的水蒸气液化成小水滴，形成人造云雾，甚至降水。因此，干冰可用于舞台美化（图 5-32）、人工降雨；也可用作制冷剂，用来保存食品（图 5-33）。

在水果的包装袋里充入二氧化碳，可以抑制水果的呼吸作用，延长水果的保鲜期。这种方法也可用来保存谷类。

植物的光合作用需要大量的二氧化碳，因此可以把二氧化碳当作气体肥料。例如，向蔬菜大棚中添加二氧化碳，能促进蔬菜的光合作用，提高产量（图 5-34）。

制作蛋糕时添加的焙粉、发酵时用的酵母都能在一定的条件下产生二氧化碳气体。二氧化碳气体膨胀，就使得蛋糕松软、面包变大。

二氧化碳既不能燃烧，一般也不支持燃烧，因此常可以用二氧化碳来灭火。



图5-32　干冰营造的舞台效果



图5-33　干冰冷藏水果



图5-34　二氧化碳可用作气体肥料

小档案

人工降雨

根据不同云层的特性，选择合适时机，用火箭或飞机向云中播撒干冰、碘化银等，使云层降水或增加降水量，这就是人工降雨。

利用干冰进行人工降雨的原理是用增雨火箭将干冰洒在云中后，云中的小水滴就会被冻结成许多小冰晶，促使更多的水蒸气凝结在上面。冰晶在下落过程中化为雨滴，降落到地面。



图5-35　用增雨火箭将干冰发送至空中

5.6 燃烧与灭火

说到火，你可能会想到寒夜里温暖的篝火，或者使房子变成废墟的火灾。从科学的角度，两者的原理都是一样的。火是利是害，取决于我们能否对它加以合理利用。

5.6.1 燃烧的条件

火是物质燃烧时产生的现象。燃烧（combustion）是指可燃物质跟氧气发生的一种发光、发热的剧烈氧化作用。

想一想

燃烧在日常生活中有哪些重要性？你能举出一些生活或生产中的燃烧现象吗？

人类很早就开始利用火，火与人类文明的发展密切相关（图 5-36）。图 5-37 及图 5-38 是生活、生产中的一些燃烧现象。



图5-36 北京猿人用火



图5-37 篝火晚会



图5-38 石油开采过程中释放的天然气被烧掉

燃烧不可能无缘无故地发生，只有具备一定的条件时，燃烧才能发生。

活动 11

1. 点燃一支蜡烛，观察它在空气中燃烧的现象。然后将一个杯口涂凡士林的玻璃杯倒扣在蜡烛上，如图 5-39 所示，观察此时蜡烛燃烧的现象。
   通过这个实验，说明 ________ 是燃烧的必要条件。



图5-39 蜡烛的燃烧

2. 将一根火柴折断，分成火柴头和火柴梗两部分，如图 5-40 所示放在铜片上，用本生灯加热铜片，观察火柴头和火柴梗分别要加热多久后才开始燃烧？＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。通过这个实验，说明＿＿＿＿＿＿是燃烧的另一个必要条件。

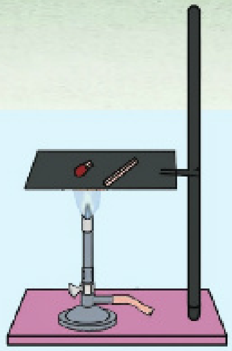


图5-40　火柴各部分的燃烧

物质燃烧所需达到的最低温度称为燃点。不同物质的燃点是不同的，如白磷的燃点为 40℃，红磷的燃点为 240℃。（表 5-2）

表5-2　通常状况下一些常见物质的燃点

物质	白磷	红磷	木材	木炭	无烟煤
燃点（℃）	40	240	250 ～ 330	320 ～ 370	700 ～ 750

没有可燃物，燃烧当然无法进行。可燃物种类繁多，不胜枚举，钠、天然气、汽油、煤、木材等都是可燃物。

通过以上实验，可以归纳出燃烧必须同时满足的三个条件：一是有可燃物；二是要有助燃物，常见的助燃物是氧气；三是温度要达到该可燃物的燃点。（图 5-41）



图5-41　由于满足燃烧的条件，某露天煤矿燃烧了50年

5.6.2　灭火和火灾自救

火灾是对人类有害的燃烧。发生火灾时，我们可采用什么方法来灭火呢？

读 图

你能说出图 5-42 中采用的灭火方法的原理吗？



灭火方法一



灭火方法二

图5-42　灭火的方法

根据燃烧的条件，只要除去三个条件中的任何一个，就能达到灭火的目的。例如，水能灭火是因为水与可燃物接触后，吸收大量的热，使可燃物的温度降到它的燃点以下，而且水可以隔绝空气，因此可以灭火。家里的油锅着火了，则可采用盖上锅盖灭火，这是因为锅盖隔绝了空气。

发生火灾时，要保持镇定，先了解火源的正确位置，尽快报警求助。如果有灭火器，应尽快用灭火器灭火。

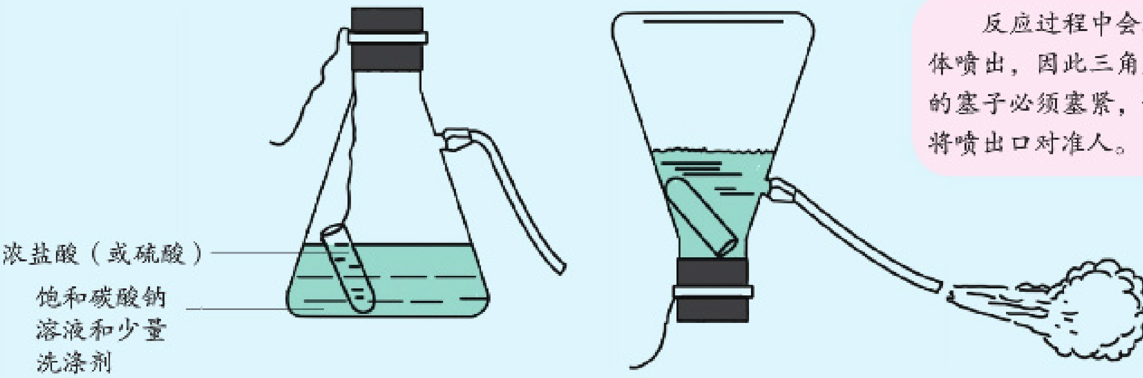
灭火器的种类有很多，按所充装的灭火剂的不同可分为：泡沫灭火器、干粉灭火器、二氧化碳灭火器等（图 5-43）。泡沫灭火器利用容器内两种灭火剂混合后喷出的水溶液及二氧化碳灭火，可用于油制品、油脂等火灾，但不能扑救带电设备等火灾。干粉灭火器内充装的是干粉灭火剂，如碳酸氢钠等，适用于可燃液体、气体及带电设备的初起火灾。二氧化碳灭火器内贮存液态二氧化碳，工作时二氧化碳喷至火源处，达到灭火的目的，主要用于扑救贵重设备、档案资料、仪器仪表及油类的初起火灾。



图5-43　几种常见的灭火器

活动 12

参考图 5-44 的装置，我们可以制作一个简易的酸碱灭火器。



反应过程中会有液体喷出，因此三角烧瓶的塞子必须塞紧，切勿将喷出口对准人。

图5-44　简易的灭火器

如果火势扩散，应尽快让人们离开现场，并沿途要关上大门，以降低火势及烟雾蔓延的速率。此时切勿乘电梯或升降机，以免停电被困。如果你无法离开现场，可采取适当的方式自救。

读 图

分析图 5-45 中的自救方法，其作用是什么？



图5-45　几种自救方法

据统计，火灾中的死亡者中有 60% ～ 80% 的死亡原因与吸入有毒烟雾有关。因此，室内浓烟密布时，应俯伏在地上爬行及用湿毛巾掩盖口鼻；走廊着火时，用湿毛巾等物品塞住门和窗户的缝隙，以免浓烟渗入；室内没有着火时，可以打开窗户，在窗前呼救。

5.6.3　自燃和爆炸

想一想

森林中的枯枝落叶长期堆积后，虽然未经点燃，有时也会自己燃烧起来。你能用燃烧的条件来分析这种现象吗？

物质在缓慢氧化过程中产生的热量如果不能及时散失，就会使温度逐渐升高。当温度达到可燃物的燃点时，不经点火，物质也会自发地燃烧起来。这种由缓慢氧化而引起的自发燃烧叫自燃（spontaneous combustion）。例如，粮食、麦秆、煤炭、擦拭机器的棉纱等，如果堆放不合理、空气不流通，都会引起自燃（图 5-46）。



图5-46　“自燃”的标志

如果燃烧以极快的速率在有限的空间里发生，瞬间产生大量的热，使气体体积急剧膨胀，就会引起爆炸（explosion）。空气和可燃性气体（如液化石油气等）混合点燃引起的爆炸，空气和煤屑、面粉及某些金属粉尘的混合物遇火爆炸等，都是由氧化反应引起的。但爆炸并不都与氧气有关，如氯气与氢气的混合气体经点燃也会引起爆炸。爆炸虽然会给人们带来灾难，但它也能为人类服务，例如，定向爆破拆除烟囱，安全高效（图 5-47）。

实际上，爆炸并不都是化学反应。例如，蒸汽锅炉爆炸、汽车轮胎爆炸等属于物理变化。



图5-47　定向爆破利用了炸药爆炸，可把某一地区的土石方抛掷到指定地区，并大致堆积成所需形状

本章提要

1. 氧气是一种无色、无气味、不易溶于水的气体，在点燃或加热的条件下能跟大多数非金属和金属化合。可用带有余烬的木枝来检验氧气。氧气的重要用途是供给呼吸和帮助燃烧。
2. 实验室用分解高锰酸钾或过氧化氢等方法制取氧气。
3. 凡是能改变化学反应速率，而本身的质量和化学性质在反应前后都没有改变的物质称为催化剂。催化剂的这种作用称为催化作用。
4. 物质与氧起反应称为氧化作用。氧化作用可以以缓慢或剧烈的形式进行。
5. 科学上把一种或多种物质变成新物质的过程称为化学反应。由两种或两种以上的物质反应生成一种新物质的反应称为化合反应；由一种物质生成两种或两种以上新物质的反应称为分解反应。

6. 在一般状态下，二氧化碳是一种无色、无气味的气体。二氧化碳本身不能燃烧，也不帮助燃烧。可用澄清石灰水来证明二氧化碳的存在。
7. 实验室通常用盐酸和石灰石反应来制取二氧化碳。
8. 二氧化碳用途广泛，固态二氧化碳（又称干冰）是一种制冷剂，可用来保存食品，也可用于人工降雨；二氧化碳又是一种工业原料，可用于制纯碱、尿素和汽水；二氧化碳还可用于灭火。
9. 燃烧是可燃物质跟氧气发生的一种发光、发热、剧烈的氧化作用；由缓慢氧化而引起的自发燃烧称为自燃。若燃烧以极快的速度在有限的空间里发生，瞬间内产生大量的热，使气体体积急剧地膨胀，就发生爆炸。
10. 物质燃烧必须同时满足三个条件：一是物质具有可燃性，是一种可燃物质；二是要有助燃物，常用的助燃物是氧气；三是要达到一定的温度，该温度就是可燃物的燃点。
11. 常见的灭火器有干粉灭火器、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器等。

练 习 题

一、选择题

1. 将带有余烬的木枝伸入一瓶无色气体，木枝重新燃烧起来，说明这种气体是（　　）。

   A. 氮气　　B. 稀有气体　　C. 空气　　D. 氧气

2. 下列关于氧气性质的叙述错误的是（　　）。

   A. 通常情况下氧气是无色、无味的气体，能帮助燃烧
   B. 氧气密度比空气大，不易溶于水
   C. 氧气很活泼，能跟许多物质发生氧化作用并放热
   D. 氧气很活泼，能燃烧，能跟所有物质发生反应

3. 实验室制取氧气并用排水法收集，下列操作中有错误的是（　　）。

   A. 当加热反应刚有气泡产生时，立即收集
   B. 加热试管，试管口要略向下倾斜
   C. 盛放药品前要检查装置的气密性
   D. 实验结束时要先把导管移出水面，再熄灭本生灯

4. 下列说法正确的是（　　）。
   A. 任何发光、发热的变化都可以称为燃烧
   B. 氧化作用都伴随着燃烧现象
   C. 铁在点燃的条件下与氧气反应生成四氧化三铁（Fe_3O_4）
   D. 只要将可燃物的温度升高到燃点之上，它就可以燃烧

5. 下列说法错误的是（　　）。
   A. 二氧化碳没有颜色　　B. 二氧化碳不能燃烧
   C. 二氧化碳难溶于水　　D. 二氧化碳不能帮助燃烧

6. 实验室制取二氧化碳常用的方法是（　　）。
   A. 木炭在氧气中燃烧　　B. 煅烧石灰石
   C. 石灰石跟稀盐酸反应　　D. 石灰石跟稀硫酸反应

7. 医务人员用 3% 的过氧化氢溶液为伤者处理伤口时，伤口上会看到大量的气泡。下列有关说法中，错误的是（　　）。
   A. 生成的气体可能是过氧化氢分解产生的氧气
   B. 伤口处的生物酶可能对过氧化氢的分解起到催化作用
   C. 只有二氧化锰能够使过氧化氢在常温下迅速分解产生氧气
   D. 过氧化氢和水的分子构成不同，所以它们的化学性质不同

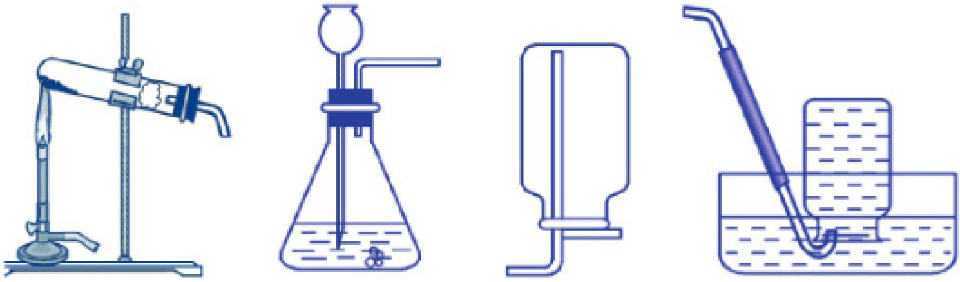
8. 下列变化中，不属于缓慢氧化的是（　　）。
   A. 牛奶变酸　　B. 钢铁生锈
   C. 镁带在空气中燃烧　　D. 农家肥料腐熟

二、简答题

1. 木炭、硫、铁丝都能在氧气中燃烧，其变化的本质和现象有不少共同之处，如反应都会发光、放热等，请再归纳出它们的三个共同特点：________
____；
____；
____。

2. 由缓慢氧化引起的自发燃烧称为自燃。秸秆、柴草、煤等在一定条件下都能发生自燃现象。
   （1）解释某些草堆发生自燃的原因。
   （2）对如何存放可燃物以防其发生自燃提出两条建议。

3. 请根据图 5-48，回答



装置A

（1）写出实验室在装

____。

（2）实验室收集氧气可用 ________（填编号）装置。

（3）二氧化锰在上述反应中可用重复使用，理由是 ________________。

（4）用装置 A 制取氧气时，试管中的棉花没有发生燃烧，根据燃烧的条件分析，其主要原因是 ______________________________。

4. 有一种无色气体 A，它不能燃烧，也不帮助燃烧，能溶于水生成 B，B 呈酸性，但不稳定，易分解生成 C 和气体 A。气体 A 能使澄清石灰水变浑浊，生成白色沉淀。A、B、C 各是什么物质？用文字表达以上有关的反应过程。

5. 市场上有一些充气包装的食品。装食品的塑料袋内充满了气体，气体充得鼓鼓的，看上去好像一个小“枕头”。袋内充的是什么气体呢？

（1）一班的同学有两种猜想：A. 二氧化碳，B. 氧气。请判断哪种猜想更合理并说明理由：__________________________。

（2）二班的同学也有两种猜想：A. 氮气，B. 二氧化碳。请设计一个实验，来判断猜想 B 是否成立：______________________________

__________________。



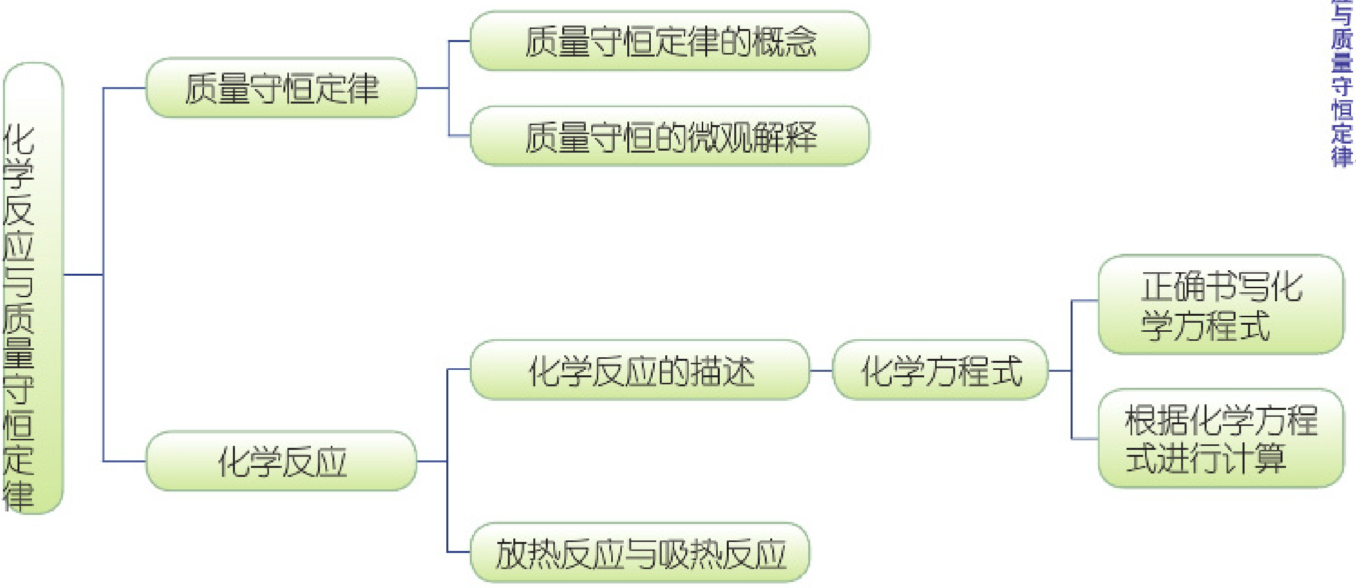
第6章 化学反应与质量守恒定律

学习目标

1. 认识质量守恒定律。
2. 知道质量守恒定律的微观解释。
3. 认识化学方程式。
4. 能正确书写简单的化学方程式。
5. 知道化学方程式所表示的意义。
6. 能根据化学方程式进行生成物和反应物之间的计算。
7. 认识吸热反应和放热反应。



本章概念图


化学反应与质量守恒定律
质量守恒定律
质量守恒定律的概念
质量守恒的微观解释
化学反应
化学反应的描述
化学方程式
正确书写化学方程式
根据化学方程式进行计算
放热反应与吸热反应

6.1 质量守恒定律

生活中我们发现，燃烧的木头会越变越轻，而生锈的金属块却比原先的更重了，化学反应中物质质量的变化规律究竟是怎样的呢？

6.1.1 化学反应中的质量守恒

木头燃烧后变成了灰烬，质量很轻；酒精燃烧后，连灰烬都没有留下。于是有人得出结论：物质燃烧后质量将变小。真是这样吗？



图6-1 木头燃烧后留下灰烬

活动 1

取一根镁带，用天平称出其质量，然后将镁带用本生灯点燃（图 6-2）。反应结束冷却后，称出反应后生成物的质量。观察镁带反应前后的质量如何变化：____。



图6-2 镁带燃烧前后质量存在差异

镁与氧气反应可表示如下：

$$\underset{(Mg)}{\text{镁}} + \underset{(O_2)}{\text{氧气}} \xrightarrow{\text{点燃}} \underset{(MgO)}{\text{氧化镁}}$$

灰烬的质量比木头小，氧化镁的质量比镁大。当物质发生化学变化并生成新物质时，反应物的质量总和与生成物的质量总和之间，究竟有着怎样的关系？

活动 2

1. 如图 6-3 所示，将盛有硫酸铜溶液的锥形瓶置于天平托盘上，用砝码平衡。然后把滴管内的氢氧化钠溶液滴入瓶内，使两种溶液混合，反应生成蓝色氢氧化铜沉淀。
2. 再次将锥形瓶放回天平托盘上，观察天平是否平衡。

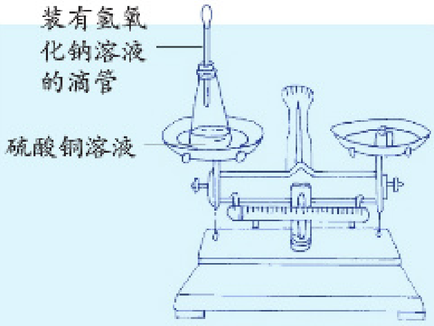


图6-3　氢氧化钠与硫酸铜反应前后质量的测定

表6-1

是否发生了化学反应	天平两边是否平衡（或两次称量质量是否相等）

许多相似的实验和研究证明：在化学反应中，参加化学反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和。这个规律叫做质量守恒定律（law of conservation of mass）。

活动 3

把盛有过氧化氢水溶液的小试管小心地放入装有少量二氧化锰的烧杯中，将烧杯放在天平上，用砝码平衡（图 6-4）。然后，将试管内的过氧化氢水溶液倒入烧杯中，你观察到的现象是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

讨 论

1. 天平失去平衡的原因是什么？
2. 如果把反应生成的氧气收集起来，加上氧气的质量后，天平会保持平衡吗？

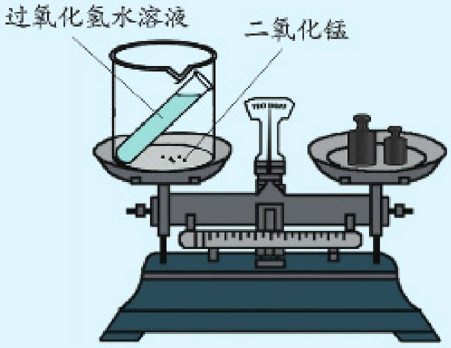


图6-4　过氧化氢反应的质量变化

对于有气体参加的化学反应和反应后有气体生成的反应，在运用质量守恒定律时，要记得加上气体的质量。

想一想

1. 请你解释镁带燃烧后质量增加的原因。
2. 把 200 g 的木炭烧成灰烬，待灰烬冷却后，称其质量，我们发现灰烬的质量远远低于木炭质量。请你解释其中的原因。

6.1.2　化学反应质量守恒的解释

为什么化学反应前后，反应物和生成物的质量总和相等呢？我们可以用分子和原子的知识加以分析。图 6–5 所示是氮气和氢气在一定条件下生成氨气的反应，我们来观察一下这个反应中分子和原子的变化。

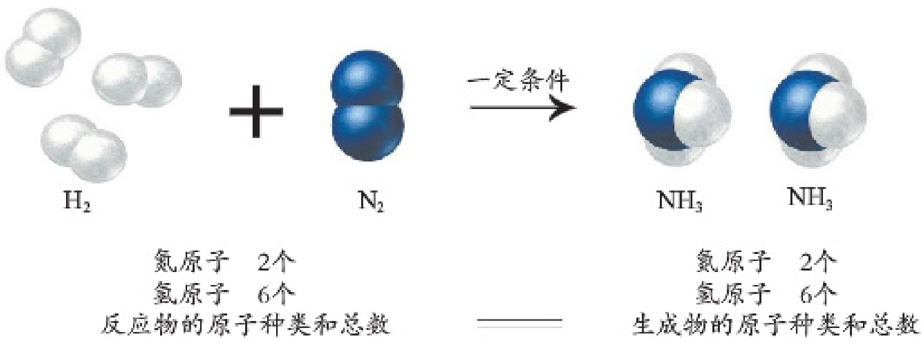


图6–5　质量守恒的微观解释

化学反应的过程，就是反应物分子里的原子重新组合成生成物分子的过程。反应前后，原子的种类没有改变，数目也没有增减。就是说，原子的质量没有变化，所以化学反应前后各物质的质量总和必然相等。

小档案

质量守恒定律的发现

1756 年，俄国化学家罗蒙诺索夫（Mikhil Vasilievich Lomonosov，1711–1765）把锡放在密闭的容器里煅烧，锡发生变化，生成了白色的氧化锡，但容器和容器里物质的总质量在煅烧前后没有发生变化。经过反复的实验，都得到同样的结果，于是他认为在化学变化中物质的质量是守恒的。但这一发现当时没有引起科学家的注意，直到 1777 年，法国



图6–6　罗蒙诺索夫

科学家拉瓦锡做了同样的实验，也得到同样的结论，这一定律才引起人们的注意。

要确切证明或否定这一结论，都需要极精确的实验结果。拉瓦锡时代的工具和技术，观察不到小于0.2%的质量变化，因而不能满足要求。因为这是化学中一个最基本的问题，所以不断有人改进实验技术以求解决。1908年德国化学家朗道耳特（Landolt）及1912年英国化学家曼莱（Manley）做了精确度极高的实验，所用的容器和反应物质量为1000 g左右，反应前后质量之差小于0.0001 g，质量的变化小于一千万分之一。这个差别在实验误差范围之内，因此科学家一致承认了这一定律。这件事情说明科学研究需要非常严谨的态度。

6.2 化学方程式

用化学式表示物质的组成，是国际通用的科学表达方式。如何根据质量守恒定律，用化学式来描述化学反应呢？

6.2.1 什么是化学方程式

“硫和氧气在点燃的条件下反应生成二氧化硫”，这句话可以描述硫和氧气的反应，但这样的写法很烦琐。我们也曾用文字表达式来表示这个化学反应：

$$\text{硫} + \text{氧气} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{二氧化硫}$$

为了在国际上通用，化学家常用化学方程式代替文字来描述化学反应。化学方程式（chemical equation）是用化学式及其他非文字符号来表示化学反应的式子。例如硫和氧气的反应可写成：

$$S + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} SO_2$$

上述化学方程式可读作“硫和氧气在点燃的条件下反应，生成二氧化硫”。

化学方程式能告诉我们什么物质参加了反应，最后生成了什么物质。如果反应物和生成物有两种或两种以上，就用加号将它们连接起来，再用箭号表示化学反应进行的方向。这样，化学反应的过程就可以表达为：

$$\text{反应物 A} + \text{反应物 B} \longrightarrow \text{生成物 C} + \text{生成物 D}$$

6.2.2 正确书写化学方程式

既然化学反应中生成物的原子数目与反应物的原子数目是一样的，那么要想准确描述一个化学反应，就必须使化学方程式左、右两边各原子的数量相等。

想一想

下面的式子能称为一个正确的化学方程式吗？

$$N_2 + H_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} NH_3$$

上述式子只是反映了反应物和生成物的类型，它们虽然符合客观事实，但没有把反应前后各物质的质量变化表示出来。如果一个化学方程式能够体现出质量守恒，那么我们可以说这个方程式配平了。

下面以氮气和氢气在一定条件下生成氨气的反应为例，说明正确书写化学方程式的具体步骤。

1. 写出化学式。根据反应事实，在式子的左边写出反应物的化学式，右边写出生成物的化学式，中间连一条短线。如果反应物或生成物不止一种，就分别用“＋”号连接起来。

$$N_2 + H_2 —— NH_3$$

2. 配平化学方程式。根据质量守恒定律，在式子左、右两边的化学式前面，配上适当的系数，使式子两边每一种元素的原子总数相等。式子两边各元素的原子数配平后，把短线改成向右箭号。

$$N_2 + 3\,H_2 \longrightarrow 2\,NH_3$$

3. 说明反应条件和生成物的状态。如果一个反应在特定的条件下进行，如需点燃、加热（通常用△表示）、高温、通电、催化剂等，必须把条件写在箭号的上方或下方。

$$N_2 + 3\,H_2 \xrightarrow[\text{高温高压}]{Fe} 2\,NH_3$$

若反应物中没有气体，而生成物中有气体产生，可在气体的化学式旁边用“↑”表示；若是溶液中发生的反应，反应物中无固体，而生成物中有固体的，可在固体的化学式旁边用“↓”表示。例如：

$$2H_2O \xrightarrow{通电} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

用化学方程式表达化学反应，必须遵循两个原则：一是以客观事实为依据；二是要遵守质量守恒定律。

活动 4

试用化学方程式来表示下列反应的过程。

磷在氧气里燃烧：________________________________；

铁丝在氧气里燃烧：______________________________；

过氧化氢在以二氧化锰为催化剂的条件下分解：______________。

化学式具有多种意义，那么化学方程式有哪些意义呢？

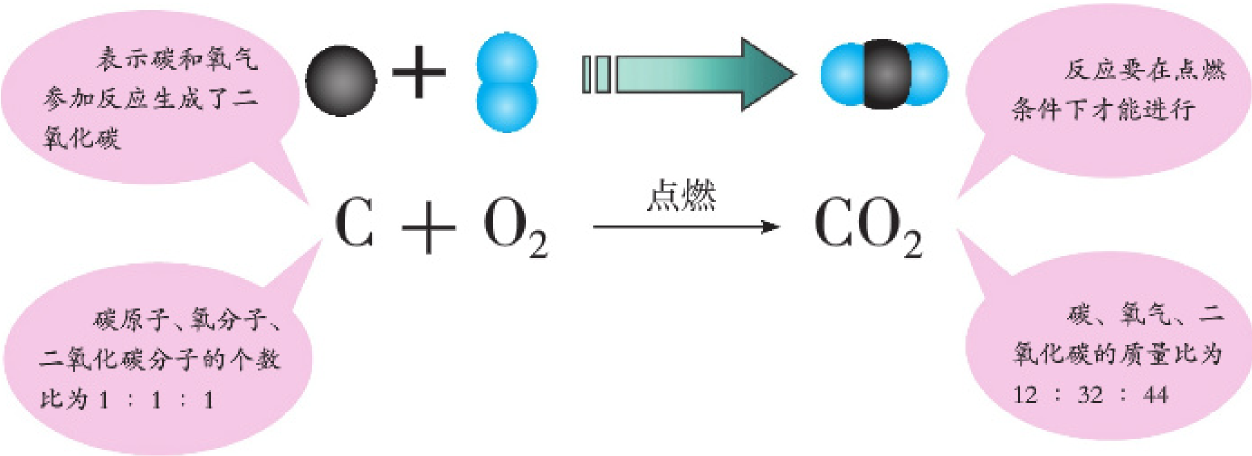


图6-7 化学方程式的意义

化学方程式能表示：什么物质参加反应，生成了什么物质；反应在什么条件下才能进行；各物质间原子和分子的个数比；反应物、生成物各物质间的质量比。

6.2.3 根据化学方程式进行计算

在生产和科学研究中，常常要把化学反应前后各物质间的质量关系分析清楚。例如，燃烧 2 kg 木炭，需要消耗多少千克氧气，生成多少千克二氧化碳。怎样来完成这些定量分析呢？

图 6-7 告诉我们，化学方程式可以表示反应物、生成物各物质之间的质量比。

化学方程式	C	+	O_2	$\xrightarrow{点燃}$	CO_2
物质的质量比	12	:	(16×2)	:	$(12+16\times2)$
	12	:	32	:	44

就是说，每 12 份质量的 C 跟 32 份质量的 O_2 完全反应，可生成 44 份质量的 CO_2。

想一想

24 份质量的 C，能与多少份质量的 O_2 完全反应？最后能生成多少份质量的 CO_2？

既然化学方程式能表示反应前后各物质的质量关系，那么我们就可以利用化学方程式计算化学反应中各成分的质量。

【例 1】实验室里用分解过氧化氢的方法制取氧气。现要制得 2 g 氧气，需要多少克过氧化氢？

解：

步 骤	结 果
1. 设未知数	设需要过氧化氢 x g
2. 写配平的化学方程式	$2\,H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2\,H_2O + O_2$
3. 计算相对分子质量并乘上系数	$2(2\times1+2\times16)=68$　　$2(16)=32$
4. 标出已知量与未知量，并列比例式求未知数	x g　　2 g 已知 68 份质量的过氧化氢可以生成 32 份质量的氧气，则 x g 过氧化氢可以生成 2 g 氧气。 $68 : x = 32 : 2$ $x=\dfrac{68\times2}{32}$ $=4.25$
5. 写出答案	答：制得 2 g 氧气，需 4.25 g 过氧化氢。

活动 5

发射通信卫星的火箭用联氨（N_2H_4）做燃料，用四氧化二氮（N_2O_4）助燃，生成物不会对大气造成污染。

（1）反应的化学方程式为 $2\ N_2H_4 + N_2O_4 \longrightarrow 3$______ $+ 4\ H_2O$。

（2）9.6 g N_2H_4 完全燃烧时需要助燃物 N_2O_4 多少克？

6.3　吸热反应和放热反应

自然界中存在着形形色色的能量，如热能、光能、电能和化学能等。在发生化学反应时，除了物质发生变化外，能量是否也会发生变化呢？

活动 6

1. 如图 6-8，将一段镁条（Mg）放入试管中，加入少量稀盐酸（HCl），用手触摸试管外壁。将观察结果记录在表 6-2 中。
2. 用研钵将 32 g 氢氧化钡［$Ba(OH)_2$］晶体磨成粉末，倒入一个小烧杯中。在一玻璃片上洒上少量水，并将小烧杯放在玻璃片上。再向小烧杯中加入 11 g 氯化铵（NH_4Cl）晶体，用玻璃棒迅速搅拌后静止片刻，提起小烧杯，如图 6-9 所示，感受温度的变化。

表6-2

实验内容	反应后容器温度变化情况
Mg 与 HCl 反应	
$Ba(OH)_2$ 与 NH_4Cl 反应	



图6-8　镁条与稀盐酸反应



图6-9　氢氧化钡与氯化铵反应

在以上的活动中，镁带与稀盐酸反应时会以热能的形式释放能量，溶液的温度升高。像这种释放热量的反应称为放热反应（exothermic reaction）。氢氧化钡与氯化铵发生反应时吸收了溶液的热量，溶液的温度下降。像这种吸收热量的反应称为吸热反应（endothermic reaction）。

可见，化学反应在生成新物质的同时，往往伴有能量的变化。而能量的变化通常表现为吸收或放出热量，因此温度的变化常常可以作为能量释放或吸收的标志。化学反应的能量变化在生产、生活中有着广泛的应用，例如，利用放热反应制成的暖贴，可使受伤部位得到保温（图 6-10）。



图6-10　利用放热反应制成的暖贴

想一想

根据能量变化情况，天然气燃烧与高锰酸钾受热分解分别属于哪种反应？

本章提要

1. 在化学反应中，参加化学反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和，这个规律称为质量守恒定律。
2. 化学反应的过程，就是反应物分子里的原子重新组合成生成物分子的过程。反应前后原子的种类没有改变，数目也没有增减，即原子的质量没有变化，所以化学反应前后各物质的质量总和必然相等。
3. 化学反应的过程可用化学方程式表示。化学方程式既表示什么物质参加反应、在特定条件下生成了什么物质；又表示各物质之间的系数比及反应物和生成物各物质间的质量比。
4. 化学反应过程中常常伴随着能量的变化，有的反应吸收能量，有的反应释放能量，温度的变化常常标志着能量的释放或吸收。吸收热量的反应称为吸热反应；释放热量的反应称为放热反应。

练 习 题

一、选择题

1. 化学反应遵循质量守恒定律的原因是（　　）。
   A．分子的种类没有改变
   B．分子的数目没有改变
   C．物质的种类没有改变
   D．原子的种类、数目和质量都没有改变

2. 在 $SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$ 反应中，反应前后发生改变的是（　　）。
   A．分子总数　　B．元素种类　　C．各元素化合价　　D．原子种类

3. 2008 年 3 月 24 日，第 29 届奥运会“祥云”火炬在雅典点燃了。此次火炬使用的燃料是丙烷（C_3H_8），其燃烧的化学方程式为：
   $$C_3H_8 + 5\,O_2 \longrightarrow x\,CO_2 + y\,H_2O$$
   其中 x、y 分别为（　　）。
   A．3、4　　B．3、8　　C．1、3　　D．1、5

4. 某有机物 M 在足量氧气中充分燃烧后的化学方程式如下：
   $$2\,M + 13\,O_2 \longrightarrow 8\,CO_2 + 10\,H_2O$$
   其中 M 的化学式为（　　）。
   A．C_4H_{10}　　B．CH_4　　C．CH_4O　　D．$C_2H_4O_2$

5. 下列化学方程式书写正确的是（　　）。
   A．$H_2 + O_2 \xrightarrow{点燃} 2\,H_2O$　　B．$4\,Fe + 3\,O_2 \xrightarrow{点燃} 2\,Fe_2O_3$
   C．$S + O_2 \xrightarrow{点燃} SO_2\uparrow$　　D．$2\,Mg + O_2 \xrightarrow{点燃} 2\,MgO$

6. 医用热敷袋使用时要轻揉，袋内的反应可看作是铁粉、空气和水相互作用，产生氢氧化铁 (II)［$Fe(OH)_2$］，最终转化为氢氧化铁 (III)［$Fe(OH)_3$］。下列说法不正确的是（　　）。
   A．热敷袋放出的热量是由化学反应产生的
   B．热敷袋在释放热量后质量会变小
   C．上述含铁物质中铁元素的化合价有 0、+2、+3
   D．热敷袋中的铁粉与水在未使用时要分别密封保存

二、简答题

1. 某同学认为质量为 10 g 的蜡烛，燃烧后将各生成物和未燃烧的烛油收集起来，一定还是 10 g。他的说法是否正确？为什么？

2. 汽车尾气系统中的催化转化器，可将有毒的一氧化碳（CO）和一氧化氮（NO）转化为无毒的二氧化碳（CO_2）和氮气（N_2），该反应的化学方程式为 ____________________________。

3. 目前，许多自来水厂采用氯气进行杀菌消毒。常温下，氯气（Cl_2）能与水（H_2O）反应生成盐酸（HCl）和次氯酸（HClO），次氯酸能杀菌消毒。氯气与水反应的化学方程式为 ____________________________。

4. 把一定质量的炭放在一定质量的氧气中燃烧。实验数据如下表：

表6–3

	第一次	第二次	第三次
氧气质量（g）	8	16	24
炭质量（g）	3	12	6
生成 CO_2 的质量（g）	11	22	22

上述反应的化学方程式为：

$$C + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2$$

（1）从以上所提供的数据分析，这三次实验有什么不同？

（2）第二次实验为什么不生成 28 g 二氧化碳？哪种物质有剩余？余下多少克？（提示：根据化学方程式来计算）

（3）第三次实验为什么不生成 30 g 二氧化碳？哪种物质有剩余？余下多少克？

（4）以上发生的反应是放热反应，还是吸热反应？

5. 科学兴趣小组为测定某石灰石样品中碳酸钙的质量百分比，取 26 g 石灰石样品放在烧杯中，然后向其中逐渐加入稀盐酸，使之与样品充分反应，恰好完全反应（杂质不参加反应）时，加入稀盐酸的质量为 90 g，反应后烧杯中物质的总质量为 105 g，请计算：

（1）反应生成二氧化碳的质量。

（2）样品中碳酸钙的质量百分比（结果保留到 0.1%）。

此题的化学方程式为：$CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$

第三单元

生命与空气、土壤

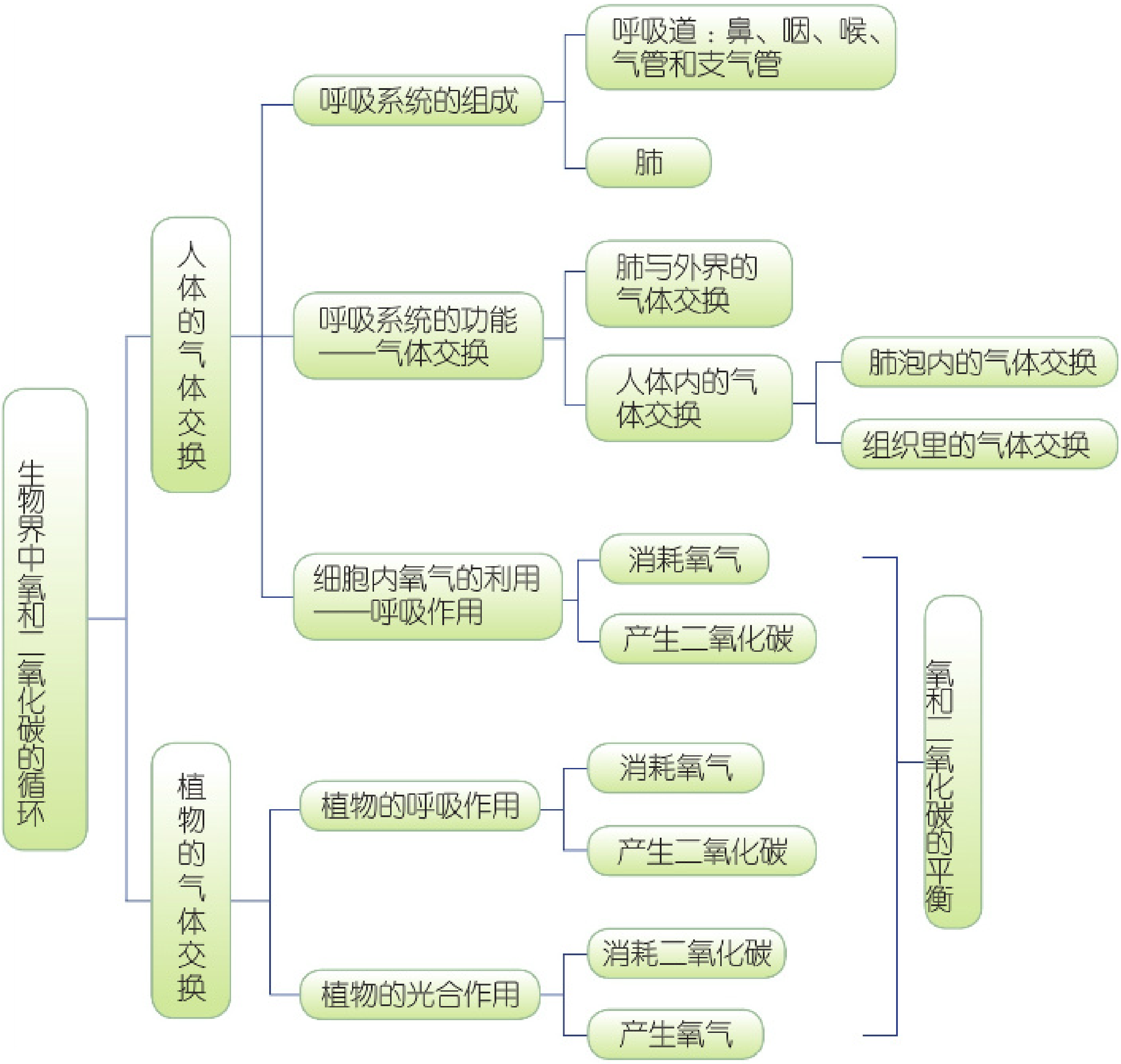
第7章 生物界中氧和二氧化碳的循环

学习目标

1. 认识人体的呼吸系统。
2. 认识人体的呼吸机制。
3. 认识人体内的气体交换。
4. 认识呼吸系统健康的重要性。
5. 认识植物的气体交换。
6. 认识植物的呼吸作用。
7. 认识植物的光合作用及其重要性。
8. 认识温室效应。



本章概念图


生物界中氧和二氧化碳的循环
人体的气体交换
呼吸系统的组成
呼吸道：鼻、咽、喉、气管和支气管
肺
呼吸系统的功能——气体交换
肺与外界的气体交换
人体内的气体交换
肺泡内的气体交换
组织里的气体交换
细胞内氧气的利用——呼吸作用
消耗氧气
产生二氧化碳
植物的气体交换
植物的呼吸作用
消耗氧气
产生二氧化碳
植物的光合作用
消耗二氧化碳
产生氧气
氧和二氧化碳的平衡

7.1 人体的呼吸系统

当你出生在这个世界时，你的第一声啼哭就标志着你开始从空气中获取氧气，并排出体内产生的二氧化碳。从此，你的生活就离不开空气，你的身体每时每刻都在通过呼吸系统（respiratory system）与周围的空气进行气体交换。

7.1.1 呼吸道的结构和功能

人体的呼吸系统由呼吸道（respiratory tract）和肺（lung）组成，它能不断地从空气中吸收氧气，排出体内细胞产生的二氧化碳。

读 图

仔细阅读图 7-1，依次说出组成呼吸系统的各个器官的名称。其中哪些器官组成呼吸道？呼吸道有哪些结构特点能保证气体顺畅通过？

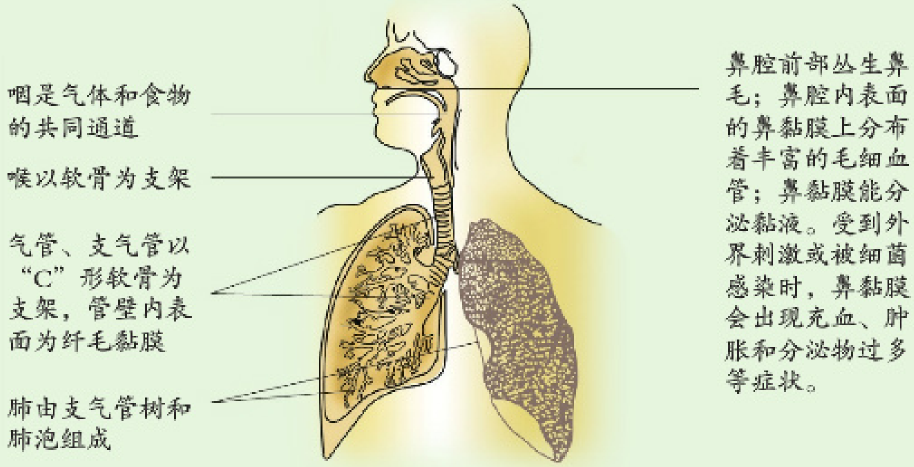


图7-1　人体呼吸系统的组成

呼吸道包括鼻（nose）、咽（pharynx）、喉（larynx）、气管（trachea）和支气管（bronchus），是气体进出肺的通道。

鼻是呼吸道的起始部分。鼻腔内生有鼻毛，表面覆盖黏膜。黏膜内有丰富的毛细血管，黏膜分泌的黏液即平常所说的“鼻涕”。空气进入鼻腔时，鼻毛能阻挡空气中的灰尘，黏膜能粘住空气中的灰尘和细菌，还能使空气湿润，毛细血管则能使冷空气变得温暖。

咽和鼻腔、口腔、喉相通，其管壁由黏膜和肌肉组成，是食物与空气进入体内的必经之处。人的声带位于喉部。说话时，空气经过喉部使声带振动，从而发出声音。

气管在食道的腹侧，上接喉，向下分成左、右支气管。气管和支气管都是由 C 形软骨和结缔组织构成的，内壁有黏膜和纤毛。内表面的黏膜能分泌黏液，黏液可以粘住空气里的灰尘和细菌，并经咳嗽咳出体外，这就是平常所说的“痰”。支气管再逐级分支形成各级小支气管。

7.1.2 肺的结构和功能

肺是呼吸系统的主要器官，是气体交换的场所。肺位于胸腔内，呈半圆锥形，左、右各一。左肺分二叶，右肺分三叶。左、右支气管分别进入左、右两侧肺内，在肺内形成树枝状分支，愈分愈细，在细支气管的末端形成了许多肺泡。肺泡壁很薄，仅由一层上皮细胞构成。肺泡的数量极多，成年人的肺泡数量达 3 ~ 4 亿个，总面积可达 100 m^2。肺泡外面包绕着毛细血管网和弹性纤维，毛细血管壁和肺泡壁紧贴在一起。(图 7-2)

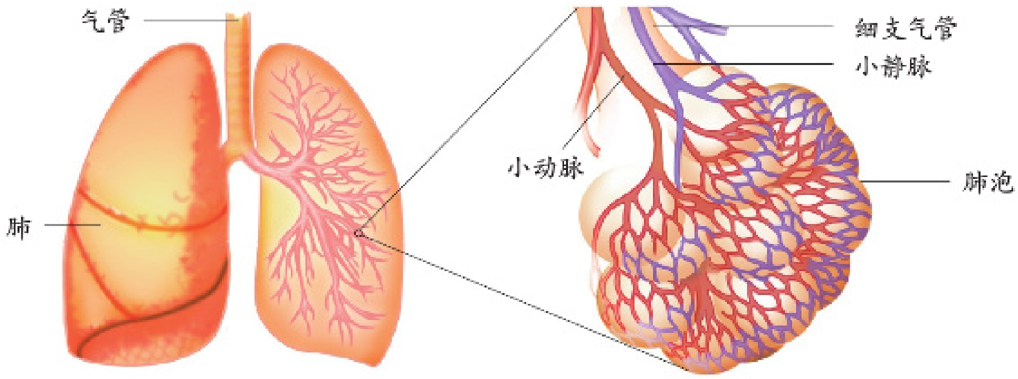


图7-2 肺的结构示意图

想一想

肺泡有哪些结构特点与其功能相适应？

肺泡外包绕的弹性纤维使肺有良好的弹性。人吸气时，肺泡被动扩张；呼气时，由于弹性纤维的弹性回缩，使肺泡缩小，排出气体。肺泡的弹性是肺内气体更换不可缺少的条件。患慢性支气管炎或哮喘时，病变造成细支气管狭窄，呼吸不畅通，导致肺泡内残留气体增多，因而长期处于膨胀状态。久而久之，肺泡就会逐渐失去弹性，使肺内气体更换受到影响，降低了病人的呼吸功能。由此可见，肺泡的结构特点有利于肺泡与血液之间进行气体交换。

小档案

保护嗓子

在喉腔中部两侧，有一对声带，两条声带之间有声门裂（图 7-3）。说话时，声带拉紧，声门裂缩小，呼出的气流冲击声带，引起声带震动而发出声音。所以，喉既是呼吸的通道，又是发声器官。男孩和女孩声带的发育，从 12 岁左右开始区别明显。男孩的声带比女孩的长而宽，所以声调开始变低，此时称为变音期。变音期要注意保护嗓子，唱歌、朗读要适度，时间不宜过长。不要唱不容易达到的音调高度，更不要高声喊叫。声带过度疲劳会充血、肥厚，造成声音嘶哑，影响发音。

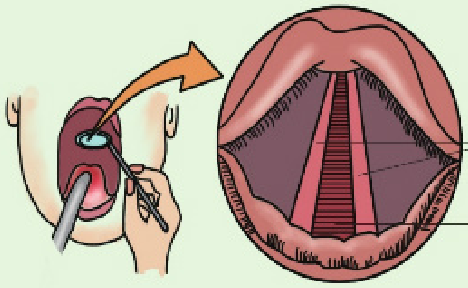


图7-3　用喉镜观察所见的发声器官

7.2　肺与外界环境的气体交换

人体从外界环境中吸入空气，呼出肺泡内的气体。外界与肺泡之间的气体交换，就是通常所说的呼吸，也叫肺通气。肺通气是怎样完成的呢？

7.2.1　呼吸运动与肺通气

用手按在胸部两侧，深深地吸气，你可以感觉到肋骨在向上向外运动，胸廓扩大；再深深地呼气，你可以感觉到肋骨在向下向内运动，胸廓缩小。

胸廓由脊柱、肋骨、胸骨及肋骨间的肌肉——肋间肌组成，胸腔的底部由膈封闭，膈主要是肌肉组织。当肋间肌收缩时，肋骨向上向外运动，胸廓横向扩张，胸腔容积增大，肺内气体压力低于外界气体压力，在压力差下，外界环境中的气体进入肺泡，完成吸气。当肋间肌舒张时，肋骨向下向内运动，胸廓收缩，胸腔容积缩小，肺内气体压力高于外界气体压力。此时包绕肺泡的弹性纤维回缩，使肺泡缩小，肺内气体被压出，完成呼气。胸腔容积的变化还和膈的活动有关。在吸气时，膈肌收缩，膈顶部下降，使胸廓的上下径也增大。呼气时，正好相反，膈肌舒张，膈顶部回升，胸廓的上下径缩小（图 7-4）。人的呼吸运动就是这样进行的。通过呼吸运动，我们完成了肺通气。

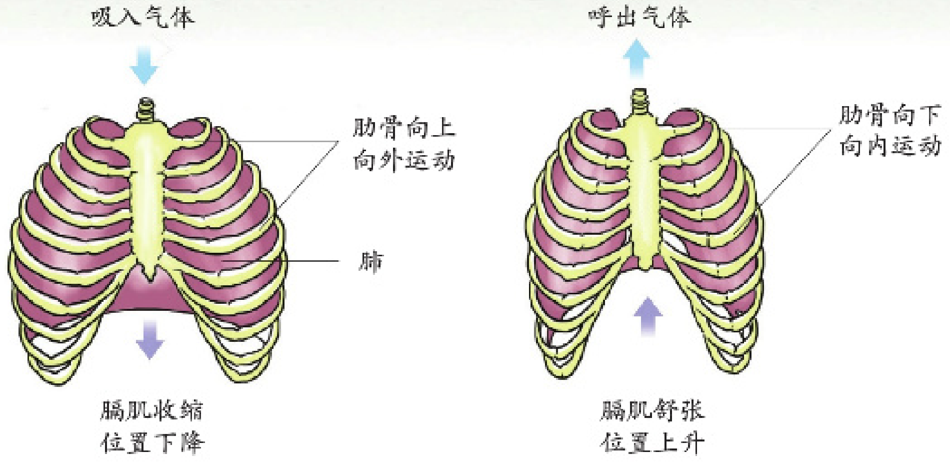


图7-4 人的呼吸运动

活动 1

一手拿着图示的模型（图7-5），另一只手下拉橡皮膜，再放松橡皮膜。观察里面气球体积的变化和橡皮膜位置变化的关系。

根据上述实验现象，思考气球在什么情况下胀大，在什么情况下回缩。____。

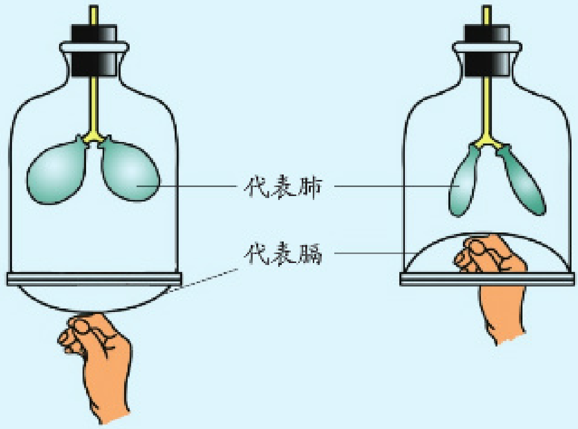


图7-5 膈的运动与呼吸的关系模拟演示装置

一个容器中的气体，在温度不变的情况下，如果气体的总量没有改变，当容器的容积增大时气体压强就变小，容积缩小时气体压强就增大。胸廓也是这样，当胸腔容积增大，肺内气体压强低于外界气体压强时，外界气体就会被吸入；当胸腔容积缩小，肺内气体压强高于外界气体压强时，肺内气体就会被压出。进行呼吸运动时，气体就是这样进出肺的。

7.2.2 肺活量

肺容纳气体的量随呼吸深浅的不同而不同。尽力吸气后再尽力呼气，所呼出的气体量，称为肺活量（vital capacity）。肺活量是体格检查时常常要测量的一个指标，它反映肺在一次呼吸运动中最大的通气能力。经常参加体育锻炼和体力劳动，可以大大提高肺活量，增强呼吸功能。

活动 2

1. 将水倒入水槽中。取一个瓶子，在瓶身上标上刻度并灌满水，然后盖紧盖子。
2. 把灌满水的瓶子上下颠倒，将瓶口浸入水槽的水中。
3. 保持瓶口在水面以下，小心打开瓶盖，确保没有空气进入瓶中。
4. 取一根导管，把其中的一端插入瓶中，让你的同伴手扶瓶子使其保持竖直。
5. 保持正常呼吸，通过导管呼气，看看你一次排出的气体体积有多大。(图 7-6)
6. 取一个容量约 4 L 的瓶子，在瓶身上标上刻度并灌满水，然后盖紧盖子。重复步骤 2 ~ 4。
7. 尽力吸气，通过导管呼气，直到不能再呼出气体为止。重复测量三次，取三次测量结果中的最高值，就是被测者的肺活量。



图7-6　测试每次的呼气量

小档案

人工呼吸

一氧化碳中毒、溺水、触电等病人，出现呼吸停止时，应立即进行人工呼吸进行抢救。人工呼吸的作用是根据呼吸运动的原理，用外力使病人胸廓扩大和缩小，引起肺被动地张缩，帮助病人恢复呼吸。

做人工呼吸时，应该先使病人的呼吸道保持畅通，如果口腔内有泥土、血块、黏液等，必须先清除干净。人工呼吸法有多种，其中口对口吹气法(图 7-7)既简便又有效。具体做法是：让病人仰卧，颈下垫高，使头后仰；敞开病人的嘴，盖上一层纱布；捏住病人的鼻孔，以免漏气。抢救者先深吸一口气，再对准病人的口吹入，直到病人的胸廓鼓起为止；等病人的胸部复原后，换一口气再吹。每分钟吹 16 ~ 18 次，和平常的呼吸频率一样。



图7-7　口对口人工呼吸

进行人工呼吸时，不应轻易放弃，要耐心坚持，尽最大努力挽救病人的生命。

7.3 呼吸作用和体内的气体交换

人体吸入的外界空气，经过呼吸道的处理后进入肺，在肺里与血液进行气体交换，再经呼出进入空气。这个过程中，气体发生了什么变化呢？

7.3.1 呼吸过程中气体的变化

我们常说，呼吸时吸进氧气，呼出二氧化碳。那么，人体进行呼吸时，呼出的气体和吸入的气体中，氧气和二氧化碳的含量究竟发生了怎样的变化？

活动 3

1. 参照图 7-8 所示进行实验，反复做几次。观察锥形瓶里的石灰水发生了什么变化？
2. 结合表 7-1 中的数据，分析讨论：

（1）瓶a、瓶b中石灰水的浑浊程度不同，说明了什么？

____________________。

（2）在实验装置中，为什么要设置瓶b？____________________。

（3）人体呼出的气体和环境中的空气有什么差别？____________________

______________________________。



图7-8 向澄清石灰水里吹气和注入空气的对比实验

科学研究告诉我们，人呼出的气体在组成成分上发生了变化：呼出的气体中，氧气的含量减少，二氧化碳的含量增加。

表7-1 环境中空气和呼出气体的气体成分百分比

气体成分	环境中空气（%）	呼出气体（%）
氮气	78	78
氧气	21	16
二氧化碳	0.03 ~ 0.04	4
水	0.07	1.1
其他气体	0.9	0.9

7.3.2 呼吸作用

呼吸前后，气体的这种变化是怎样发生的呢？

我们都知道汽车需要汽油才能行驶，因为汽油会与氧气发生氧化反应，生成二氧化碳和水，释放出的能量为汽车行驶提供动力。与此类似，人进行各种各样的生命活动也需要消耗能量（图 7-9）。这些能量是哪里来的呢？

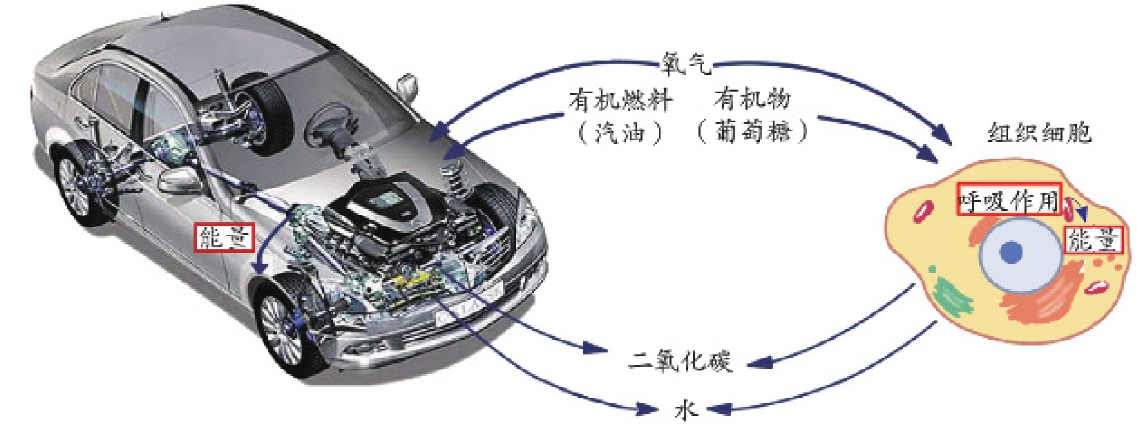


图7-9　生命活动和汽车开动一样需要能量

人体生命活动需要的能量是由人体细胞内的有机物与氧气发生氧化反应所提供的。当有机物为葡萄糖时，人体细胞内氧化反应的过程可以表示为：

$$\underset{(C_6H_{12}O_6)}{\text{葡萄糖}} + \underset{(O_2)}{\text{氧气}} \xrightarrow{\text{酶}} \underset{(CO_2)}{\text{二氧化碳}} + \underset{(H_2O)}{\text{水}} + \text{能量}$$

人体细胞内的有机物与氧反应，最终产生二氧化碳和水或其他产物，同时把有机物中的能量释放出来，供给生命活动的需要。这个过程称为呼吸作用（respiration）。呼吸作用是人体内的一种缓慢进行的氧化反应。和人一样，动物也在不停地进行呼吸作用，分解有机物，释放出生命活动所需要的能量。

想一想

呼吸和呼吸作用有什么联系和区别？

通过科学研究，我们知道，吸进的氧气要进入血液中，再通过血液循环输送到全身各处的组织细胞里，供细胞进行呼吸作用时使用。

7.3.3 体内的气体交换

进入肺泡的氧气，是怎么进入血液，又是怎么到达组织细胞的呢？显然，人体内存在一个气体交换的过程。实际上，人体内的气体交换，包括气体在肺泡内的交换和在组织里的交换两个过程。在这两个过程中，气体交换都是通过扩散作用实现的。气体分子总是由浓度高的地方向浓度低的地方扩散，直到平衡为止，这就是扩散作用。

肺泡内的气体交换，是指肺泡与血液之间进行氧气和二氧化碳的交换。进入肺泡里的空气，其中氧气的浓度比肺泡周围毛细血管血液里的高，氧气便透过肺泡壁扩散到血液里；而二氧化碳的情况正好相反，因此，血液中的二氧化碳就扩散到肺泡里，通过呼气排出体外（图 7–10）。

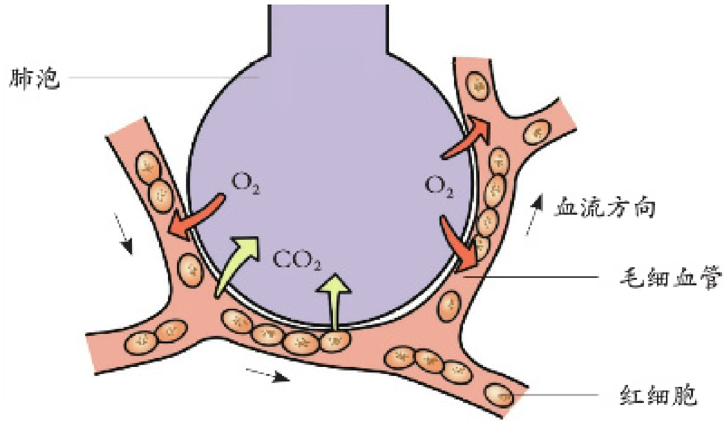


图7–10 肺泡中的气体交换

活动 4

1. 取一支试管，加入含有防凝剂的血液，待血细胞沉淀后，倒去上层的血浆和部分血细胞，观察留在试管内的红细胞呈 ________（暗红、鲜红）色。
2. 将试管倾斜放置，10 min 后，试管上层的红细胞呈 ________（暗红、鲜红）色；试管底部的红细胞呈 ________（暗红、鲜红）色。

从肺泡扩散进入血液里的氧，会通过扩散作用进入红细胞内。红细胞含有血红蛋白，这是一种含铁的蛋白质，能携带氧气分子。血红蛋白与氧结合的特性是：在氧浓度高的地方，容易跟氧结合；在氧浓度低的地方，又容易跟氧分离。所以，当氧浓度低、颜色暗红的缺氧血流经肺部毛细血管时，血红蛋白与进入血液中的氧气迅速结合形成氧合血红蛋白。氧就是以氧合血红蛋白的形式被运送到全身各处的。此外，红细胞也能运输一些细胞产生的二氧化碳，但是大多数的二氧化碳是由血浆带走的。

组织里的气体交换是指血液与组织细胞之间进行氧气和二氧化碳的交换。由于组织中的细胞不断进行新陈代谢，从而需要不断消耗氧和产生二氧化碳，所以组织细胞中氧的浓度比充氧血中的低，二氧化碳的浓度比充氧血中的高。因此，当氧浓度高、颜色鲜红的充氧血流经组织间的毛细血管时，血液中的氧便迅速与血红蛋白分离，通过毛细血管壁扩散进入组织细胞。同时，组织细胞里的二氧化碳则扩散到血液里（图 7-11）。

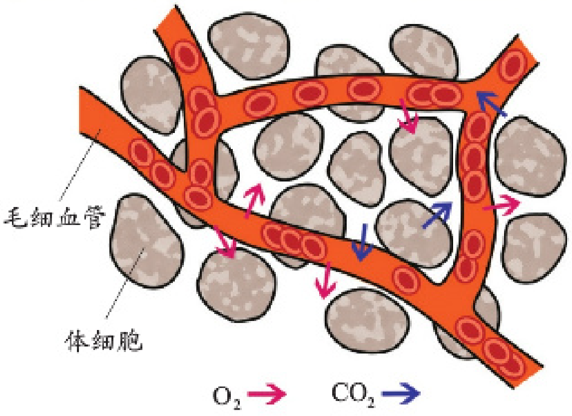


图7-11　组织里的气体交换

血红蛋白与一氧化碳的结合力比与氧的结合力大两百多倍，而且血红蛋白与一氧化碳结合以后分离的速度极慢。因此，大量的血红蛋白和一氧化碳结合以后，氧便失去与血红蛋白结合的机会，使身体各部分组织缺乏氧的供应而发生呼吸障碍，这就是一氧化碳中毒。当发生一氧化碳中毒时，应将病人转移到空气流通的地方，使病人吸入新鲜空气。病情不严重的，过几小时病人就会好转。如果病人停止了呼吸，就要用人工呼吸的方法进行抢救。

小档案

一氧化碳中毒及中毒症状

一氧化碳是大气中常见的污染物之一，是无色、无气味、无刺激性的气体，有剧毒，不易被液化。现实生活中，工业炉窑和民用锅炉、炉灶以及内燃机和汽车的废气是一氧化碳的主要来源，其中汽车排放的一氧化碳甚至可占到55%。一氧化碳主要来自含碳化合物的不完全燃烧。煤炉、燃气热水器在密闭房间里燃烧时，都可能产生大量的一氧化碳。一氧化碳会通过呼吸道进入人体而引起中毒。

一氧化碳轻度中毒，人会有头痛、眩晕、心悸、恶心、呕吐、四肢无力等症状，甚至会出现短暂的昏厥。中度中毒除轻度中毒症状加重外，并有昏迷或虚脱的现象发生，皮肤和黏膜呈樱桃红色。重度中毒可发生突然昏倒，昏迷可持续数小时，甚至几昼夜，常并发脑水肿、肺水肿、心肌损害、心律失常或传导阻滞、高热或惊厥，以致死亡。急性中毒幸免于死亡者，可能会留下各种神经系统受损的后遗症状。

7.4 空气质量与健康

一个人一天要呼吸两万多次，每天至少与环境交换一万多升气体，可见空气质量与人的健康息息相关。

7.4.1 空气污染对呼吸系统的影响

相对稳定、洁净的空气对人类和其他生物的生存都非常重要。当污染物进入空气中，超过了空气的自净能力，危害人体舒适和健康或危害环境时，就造成了空气污染（air pollution）。

空气中的污染物可以分为两类，即天然污染物和人为污染物。天然污染物是由自然灾害造成的，如火山爆发喷发出大量火山灰和二氧化硫；森林火灾产生大量的二氧化硫、二氧化氮、二氧化碳和碳氢化合物；流星冲过大气层燃烧变成尘埃；大风刮起的砂土及散布于空气中的细菌、花粉等。人为污染物是人类生产、生活所造成的污染。引起公害的往往是人为污染物，它们主要来源于燃料燃烧和大规模的工业和矿业生产。

表7-2 空气中的污染物类型

污染物类型	污染物的种类
颗粒物	指大气中液态、固态的颗粒状物质，又称尘。
硫氧化物	硫的氧化物总称，包括二氧化硫、三氧化硫等。
碳氧化物	碳的氧化物总称，主要包括二氧化碳和一氧化碳。
氮氧化物	氮的氧化物总称，包括一氧化氮、二氧化氮等。
碳氢化合物	由碳元素和氢元素组成的化合物，如甲烷、乙烷等气体。
其他有害物质	如重金属类、含氟气体、含氯气体等。

想一想

你能列举由于空气污染而造成健康受影响的例子吗？

我们生活的地球正遭受着严重的空气污染。工厂排放的废气、燃烧的垃圾、汽车的尾气等都是污染大气的祸源。控制污染物排放是防治大气污染、改善空气质量的根本措施。此外，植物有吸附和吸收各种有害污染物的功能，大面积的树林效果尤其显著，因此，植树造林是防治大气污染的有效措施。

空气中的污染物对人体健康的危害极大。长期吸入不清洁或有毒的气体会对呼吸系统造成严重危害，如引起咽炎、气管炎、肺炎、哮喘、肺气肿、矽肺等呼吸系统疾病。这些有毒物质既可引起包括肺癌在内的呼吸系统疾病，也可以通过呼吸系统进入血液，引起其他系统的疾病。因此，保持环境中的空气新鲜、清洁是非常重要的。为此应做到：经常开窗，保持空气流通；经常打扫环境和房间，及时清除污物，保持环境和个人卫生；植树造林，绿化环境。

小档案

PM2.5 与人体健康

PM 是颗粒物（particulate matter）的英文缩写，大气中的颗粒物主要可以分成总悬浮颗粒物（TSP）、PM10、PM2.5 三类。

总悬浮颗粒物（TSP）也称为 PM100，即直径小于等于 100 μm 的颗粒物。PM10 是指直径大于 2.5 μm、小于等于 10 μm 的颗粒物，它可以进入人的呼吸系统，故又称可吸入颗粒物。PM2.5 是指大气中直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物，也称细颗粒物。虽然 PM2.5 只是地球大气成分中含量很少的组分，但它对空气质量和能见度等有重要的影响。

直径 10 μm 以上的颗粒物，往往会被挡在人的鼻腔里；直径在 2.5 μm 至 10 μm 之间的颗粒物，能够进入上呼吸道，但一般可通过痰液等排出体外，对人体健康的危害相对较小；而直径在 2.5 μm 以下的细颗粒物，往往会进入支气管，干扰肺部的气体交换，引发包括哮喘、支气管炎和心血管病等方面的疾病。这些颗粒还可以通过支气管和肺泡进入血液，将其中的有害气体、重金属等溶解在血液中，对人体健康的伤害很大。

7.4.2 吸烟危害健康

你知道香烟中含有多少对身体有害的物质吗？香烟的烟雾是由四千多种不同的化学物质组成的混合气体，其中至少有四十多种致癌物质（图 7-12）。

香烟燃烧时会产生黑色黏稠的物质，这种物质叫做焦油。焦油中含有致癌物质。当人们吸烟时，一些焦油残留在气管和呼吸系统其他器官的纤毛上。焦油使纤毛聚成一团，致使它们不能执行任务。



图7-12 香烟的有毒成分

香烟燃烧时还会产生一氧化碳。人吸入一氧化碳很危险，因为一氧化碳分子会与血红蛋白结合，这样它就占据了红细胞中能正常携带氧气的位置，人体红细胞携带的氧气量会明显少于正常情况下的数量。为了弥补减少的氧气量，呼吸的频率就会加大，而且心跳也会加快。当血液中氧气的含量较少时，氧气供给就不能满足身体各器官的需要。

另一种存在于香烟中的危险化学物质是尼古丁。尼古丁是一种兴奋剂，能提高神经系统、心脏和其他器官的兴奋度，使心脏跳动速率加快、血压升高。尼古丁会使人上瘾或产生药物依赖性。因而，吸烟者如果没有烟吸，就会对香烟有强烈的吸食欲望。尼古丁的上瘾是许多吸烟者无法戒烟的主要原因。

长年累月，吸烟者容易得支气管炎、肺气肿和肺癌等疾病（图 7-13）。患支气管炎的人通常感到呼吸困难。如果支气管炎持续很长一段时间，会导致呼吸道的永久性损坏。慢性支气管炎通常伴随着微生物感染，引发其他类型的疾病。长期吸烟者得慢性支气管炎的概率比不吸烟者高出 5 ~ 10 倍。

香烟中的化学物质也会损坏肺组织，使人得肺气肿。患肺气肿的人不能得到足够的氧气，也不能及时排出二氧化碳，因此他们经常呼吸急促。由肺气肿造成的损害是永久性的，即便是停止了吸烟，也于事无补。

人们被迫吸入其他吸烟者喷出的烟雾，就属于被动吸烟（passive smoking）。因为烟雾中同样含有吸烟者吸入的有害化学物质，所以同样也会损害健康。此外，长期处在吸烟的环境下会增加人们得心脏病和癌症的危险性。

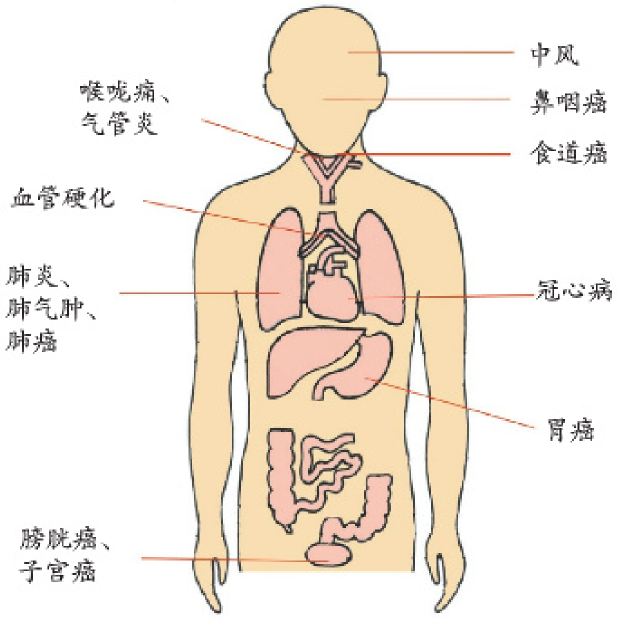


图7-13　吸烟的危害

想一想

怎样避免或减少被动吸烟？

7.5 植物的呼吸作用

不仅人和动物有呼吸作用，植物也进行呼吸作用。自然界中，植物不断地进行呼吸作用，消耗氧气，产生二氧化碳。

7.5.1 植物的气体交换

植物与大部分动物不一样，没有明显的呼吸器官，没有明显的呼气和吸气过程，但植物和空气之间也会通过扩散作用进行气体交换。陆生植物的气孔、皮孔是气体出入的门户。

无论是参天大树还是纤纤小草，一般都具有叶。植物的叶虽然形态多种多样，但基本结构却是相似的。叶由叶柄和叶片组成，叶片是叶的主要部分。

实验1

观察叶片的结构

目标

用显微镜观察叶的横切面永久切片，识别叶片的结构。

器材

叶的横切面永久切片1个、显微镜1台。

过程

用低倍显微镜观察叶片横切面永久切片，对照图7-14观察叶片的结构，区分出上表皮、下表皮、叶肉和叶脉，识别各个部分的细胞结构特征，并思考有关问题。

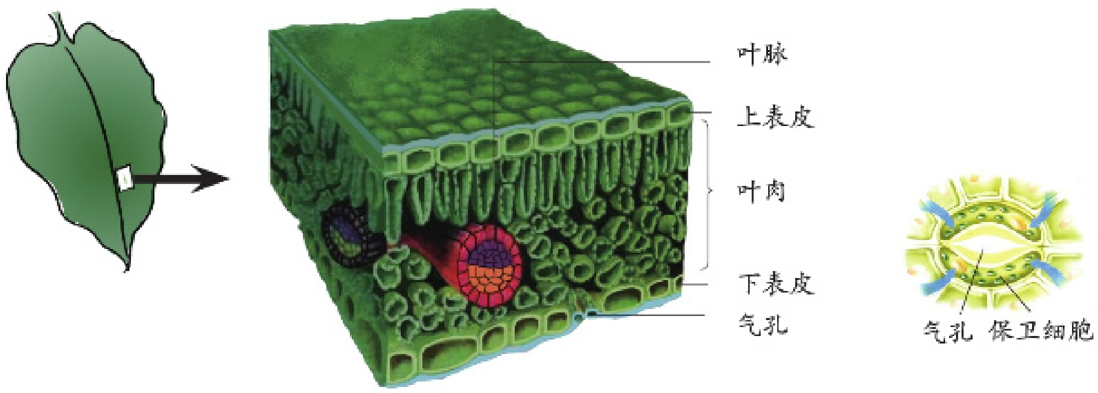


图7-14 叶片结构示意图

1. 叶片的上表面和下表面都是由一层细胞组成的表皮，表皮细胞的颜色和排列状况如何？
2. 叶肉位于上、下表皮之间，接近上表皮的叶肉细胞与接近下表皮的叶肉细胞在形状、排列方式和内部绿色颗粒数目等方面有什么不同？想一想叶肉细胞内部的绿色颗粒结构与光合作用的关系。
3. 叶脉贯穿于叶肉组织中，叶脉细胞的颜色、形状和排列方式如何？
4. 在叶的上、下表面是否能找到围成气孔的保卫细胞？保卫细胞与一般表皮细胞的形态、结构和排列方式有什么不同？

不同植物的叶片内部结构基本相似，都是由表皮、叶肉和叶脉组成的。

表皮由大量无色透明的表皮细胞组成，这有利于光线的透过和对叶内结构的保护。叶的上表皮和下表皮都有气孔，它是由成对的保卫细胞围成的。气孔可以张开或关闭，是气体交换的门户。气孔和叶肉细胞间的空隙相通，空气从气孔进入叶内，通过空隙接触叶肉细胞及其他细胞的表面，这些细胞的表面经常保持湿润，有利于气体交换。

叶肉位于上表皮与下表皮之间，由许多叶肉细胞组成。叶肉细胞里含有叶绿体，叶绿体中含有叶绿素等多种色素，它是光合作用的场所。

叶脉成束分布在叶肉组织之间，它是叶片的骨架。叶脉具有运输水、无机盐和有机物的功能，还具有支持叶片的功能。

幼嫩的茎上也有气孔，木本植物的树干上没有气孔但有皮孔（图 7-15），皮孔和其下的细胞间隙相通。多年生木本植物茎的内部大多是木质化的死细胞，不需要氧气，因而依靠皮孔和细胞间隙的通气，就可满足茎的需要。


图7-15　树干上的皮孔

根部的根毛细胞和幼根的表皮可与土壤中的空气进行气体交换。植物内部细胞与细胞之间都有充满气体的间隙，这些间隙互相连通，气体在这些空隙中可扩散到植物体的各部分。

植物体进行光合作用、呼吸作用和蒸腾作用时，二氧化碳和氧气的交换以及水蒸气的散失，多数通过气孔进行。

7.5.2　呼吸作用产生二氧化碳

植物的根、茎、叶、花、果实和种子中的每一个活细胞每时每刻都在进行着呼吸作用。

活动 5

1. 4人一组，选一位同学在实验前一天，将100 g新鲜的和用沸水烫过的蔬菜（烫2～3 min）分别装入不漏气的黑色塑料袋中，插入软管后扎紧袋口，并用止水夹夹紧软管（图7-16a）。每组装一袋，不加标记。
2. 实验时每组随机取一袋蔬菜，将软管插入盛有澄清石灰水的锥形瓶中，移开止水夹，轻轻地挤压塑料袋，观察石灰水的变化（图7-16b）。据此判断哪一袋是新鲜蔬菜，哪一袋是用沸水烫过的蔬菜。
3. 打开塑料袋观察蔬菜，验证自己的判断是否正确。

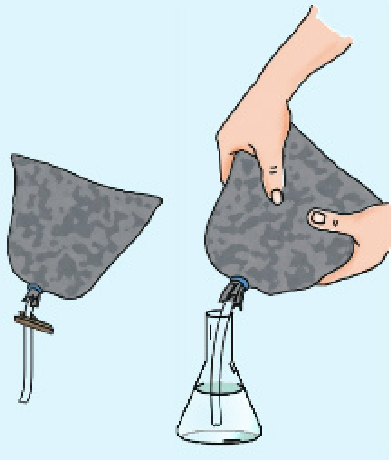


图7-16　植物呼吸作用产生二氧化碳的实验

讨 论

1. 实验证明了什么？
2. 为什么要用黑色塑料袋装蔬菜？

上述实验中澄清的石灰水变浑浊，说明植物的呼吸作用产生了二氧化碳。科学实验证明，二氧化碳来自植物里的有机物。有机物在彻底氧化分解时不仅产生二氧化碳，还产生了水。

7.5.3　呼吸作用消耗氧气

植物和动物一样，呼吸作用也需要氧气。

活动 6

1. 室温下，将新鲜的植物和沸水烫过的植物分别放入密闭的锥形瓶中，在黑暗处放置一昼夜。
2. 当燃烧的木枝伸入放有新鲜植物的锥形瓶中时，木枝的火苗__________。
3. 当燃烧的木枝伸入放有烫过的植物的锥形瓶中时，木枝____________。

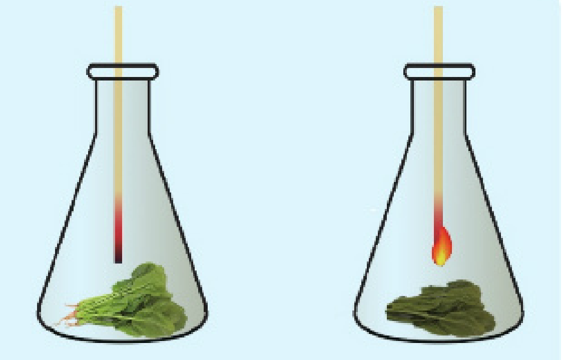


图7-17　呼吸作用消耗氧气的实验示意图

燃烧的木枝放进瓶 a 里，火焰立刻熄灭了，这是因为瓶 a 里缺少氧气。瓶 a 里的氧气到哪里去了呢？原来，瓶 a 里的氧气被新鲜的植物消耗掉了。燃烧的木枝放进瓶 b 中，它能继续燃烧，这是因为用沸水烫过的植物已经死亡，不能进行呼吸作用，瓶 b 中的氧气没有被消耗掉。

7.5.4　呼吸作用的意义

植物的生命活动需要能量，这些能量来自细胞内储存的有机物。植物体通过呼吸作用，将有机物分解，储存的能量同时被释放出来。这个过程需要氧气参与并产生二氧化碳和水。植物通过呼吸作用释放的能量，一部分用于各种生命活动，一部分转化成热量散失。实际上，许多科学家的实验证实，不止是动物和植物，对于世界上的绝大多数生物来说，呼吸作用都要消耗氧气用于分解有机物，同时产生二氧化碳和水。因此，从反应物和生成物的角度，我们可以把生物的呼吸作用看作是一个缓慢的氧化反应。

在特殊情况下，细胞中的有机物没有氧气的参与也能分解，但是分解得不彻底，释放的能量也比较少。

7.6　植物的光合作用

生物的呼吸作用和燃料的燃烧都会消耗大气中的氧气，排出大量的二氧化碳。但是，我们为什么没有感觉到缺氧呢？要想找到这个问题的答案，我们需要了解植物的光合作用。

7.6.1　光合作用产生氧气

大气中的氧气主要来自绿色植物的光合作用。正是由于绿色植物的光合作用产生氧气，地球上其他生物的呼吸作用才能正常进行。

活动 7

1. 在一个烧杯中放入清水，将金鱼藻（或其他水生绿色植物）放在水中，将漏斗盖在金鱼藻上。
2. 在漏斗上面罩上盛满清水的试管（图 7–18）。

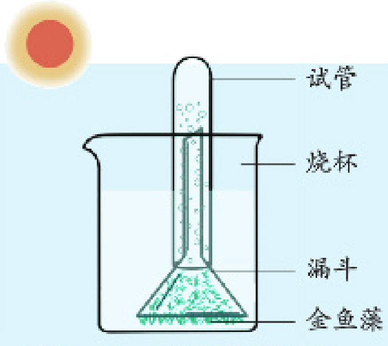


图7–18　收集光合作用产生的氧气

3. 将整个装置放在阳光下。注意观察金鱼藻有无产生气泡。若有气泡产生，这些气泡中的气体会被收集在试管中。当试管中充满气体时，用大拇指在水中盖住试管口，将试管取出。
4. 将点燃的木枝放入试管，观察木枝燃烧的情况。

通过实验可以发现，光合作用产生的气体能使燃烧的木枝更加剧烈地燃烧起来，这说明光合作用的产物中有氧气。

7.6.2 光合作用制造有机物

除了产生氧气外，光合作用还能产生有机物。那么，绿色植物光合作用产生的有机物主要是什么呢？

活动 8

1. 把一盆绿色植物放到黑暗处一昼夜。
2. 用黑纸片把叶片的一部分从上下两面遮盖起来，然后把盆栽植物移到阳光下照射（图 7-19）。
3. 数小时以后，摘下叶片，去掉遮光的纸片。
4. 把叶片放入盛有浓度约 70% 的酒精的小烧杯中，隔水加热，使叶片含有的叶绿素溶解到酒精中，叶片变成黄白色。
5. 用清水漂洗叶片，再把叶片放到培养皿里，向叶片滴加碘液。
6. 稍停片刻，用清水冲掉碘液，观察叶色发生了什么变化。

讨论

1. 为什么要把绿色植物提前放到黑暗处一昼夜？
2. 为什么要用黑纸片把叶片的一部分遮盖起来？
3. 绿色植物制造的有机物是什么？

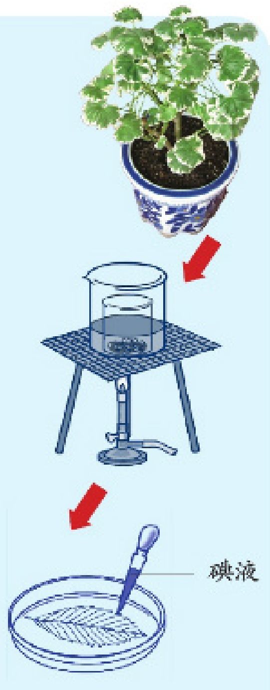


图7-19 验证叶制造淀粉的实验装置

从实验可以看出，碘液滴在叶片的见光部分变成了蓝色，实际是碘液遇淀粉变蓝，说明叶片的见光部分产生了有机物 —— 淀粉。被黑纸遮盖的部分没有产生淀粉，说明光是绿色植物制造有机物不可缺少的条件。

7.6.3 光合作用需要二氧化碳

1773 年，英国科学家普利斯特里做了一个有名的实验（图 7–20）。



1. 他把一支点燃的蜡烛和一只小白鼠分别放在密闭的玻璃罩里，蜡烛不久就熄灭了，小白鼠很快也死去了。

2. 他把一盆植物和一支点燃的蜡烛一同放到一个密闭的玻璃罩里。他发现植物能够长时间地活着，蜡烛也没有熄灭。

3. 他又把一盆植物和一只小白鼠一同放到一个密闭的玻璃罩里。他发现植物和小白鼠都能够正常地活着。

图7–20 普利斯特里实验

上述实验都是在光照下进行的。于是，他得出了结论：植物能够更新由于蜡烛燃烧或动物呼吸而变得污浊了的空气。

后来的科学实验证明，蜡烛燃烧或动物呼吸排出的二氧化碳是绿色植物光合作用的原料。而光合作用产生的氧气，除了满足植物自身呼吸的需要外，还供给了动物。

还有什么实验可以证明二氧化碳是绿色植物光合作用所必需的呢？

活动 9

1. 剪取绿色植物带有 5 ~ 6 片叶的枝条，插入盛有清水的小烧杯中，室温下放在暗处 2～3 天。
2. 在玻璃板上放置一个培养皿，将少量 25% 氢氧化钠（或氢氧化钾）溶液倒入培养皿里。氢氧化钠溶液有吸收空气中二氧化碳的作用。然后，将装有枝条的小烧杯放在培养皿里，用广口瓶或大玻璃瓶罩住实验装置，并在瓶口涂一点凡士林，防止气体出入。用同样的方法做好装置 b，但培养皿里用清水代替氢氧化钠溶液。（图 7–21）

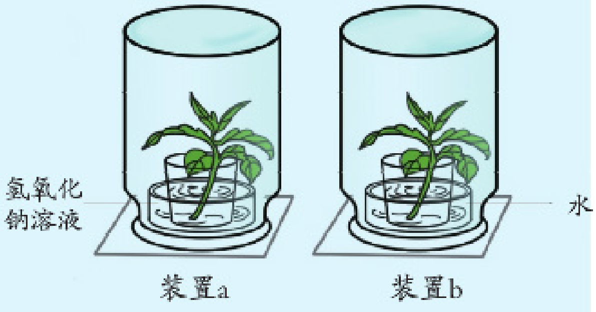


图7–21 证明光合作用需要二氧化碳的实验

3. 将装置 a 和装置 b 移到光下照射 2 h。然后，揭开玻璃罩，从两根枝条上各摘取一片叶，分别检验两叶片是否有淀粉的存在。
4. 分析实验现象并说明光合作用与二氧化碳的关系。

用碘液检验上述实验的叶片时，实验装置 a 里的叶片不变色，实验装置 b 里的叶片变为蓝色。比较分析装置 a 及装置 b 内的条件差异可知，光合作用需要二氧化碳。科学家们进一步研究证明，二氧化碳和水都是光合作用的原料。

7.6.4 光合作用的原理

光合作用（photosynthesis）是指绿色植物通过叶绿体，利用光能，把二氧化碳和水转化成储存着能量的有机物，并释放氧气的过程。它可用下列反应式来表示：

$$二氧化碳 + 水 \xrightarrow[叶绿体]{光} 有机物（主要是葡萄糖）+ 氧气$$

光合作用主要发生在叶肉细胞的叶绿体中。光合作用所需要的二氧化碳大部分是从空气中吸收的，水主要是从土壤中吸收的，然后运输到叶片。叶绿体内含有的叶绿素等色素，能吸收阳光。植物光合作用的过程是十分复杂的，它包括许多化学反应，但主要包含了以下两方面的变化：一方面，把简单的无机物制成了复杂的有机物，并放出氧气，发生了物质转化；另一方面，把光能变成了储存在有机物里的化学能，实现了能量的转化。（图 7-22）

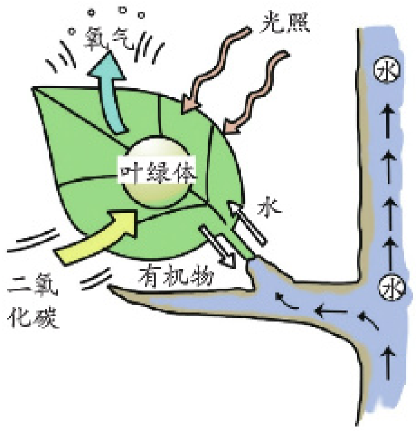


图7-22 光合作用的过程

绿色植物通过光合作用制造的有机物，不仅满足了自身生长、发育、繁殖的需要，而且为生物圈中的其他生物提供了基本的食物来源。绿色植物就好像是一个巨型的生产有机物的天然“工厂”，它们产生的巨量有机物养活了地球上几乎所有的生物。

小档案

太阳光与植物的光合作用

太阳是地球的能源。在阳光灿烂的日子，如果你走在人行道上时，你的皮肤会被太阳晒热，这时你就感受到了太阳的能量。你看到周围的一些物体以光的形式呈现它的能量，这时你所见到的光叫做白光。当白光穿过棱镜时，你就能看到它的颜色如彩虹一般——红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫。科学家将这些颜色的光称为可见光。

与大多数物体一样，植物吸收了可见光中部分波段的光，同时将其余波段的光反射回去。当光照射到植物的绿叶上时，大部分绿光都被反射出去，而其他颜色的光则被绿叶吸收了。



图7-23　植物叶片对太阳光的利用

被绿叶吸收的阳光，实际上是被叶绿体所含的色素吸收的。叶绿素是植物体内含量最多的色素，它能吸收大部分的蓝光和红光，而绿光则被反射出去。因此我们看到的植物是绿色的，叶绿体也是绿色的。除了叶绿素，植物体内还有其他色素，如叶黄素、胡萝卜素等，这些色素会吸收不同颜色的光，但在一年的大部分时间里，这些色素都是看不见的，因为它们被叶绿素掩盖了。枯叶变黄，就是因为叶绿素被破坏，其他色素的颜色才显现出来。

7.7　氧和二氧化碳的循环

在自然界中，生物不断地进行呼吸作用，消耗氧气，产生二氧化碳。与此同时，绿色植物的光合作用又不断吸收二氧化碳，放出氧气。那么，空气中的二氧化碳和氧气的数量是否会发生明显的变化呢？

7.7.1　光合作用和呼吸作用的相互关系

植物既进行呼吸作用，又进行光合作用。两者之间有什么区别和联系呢？

读图

阅读图 7-24，说说光合作用与呼吸作用的关系，并填写表 7-3。

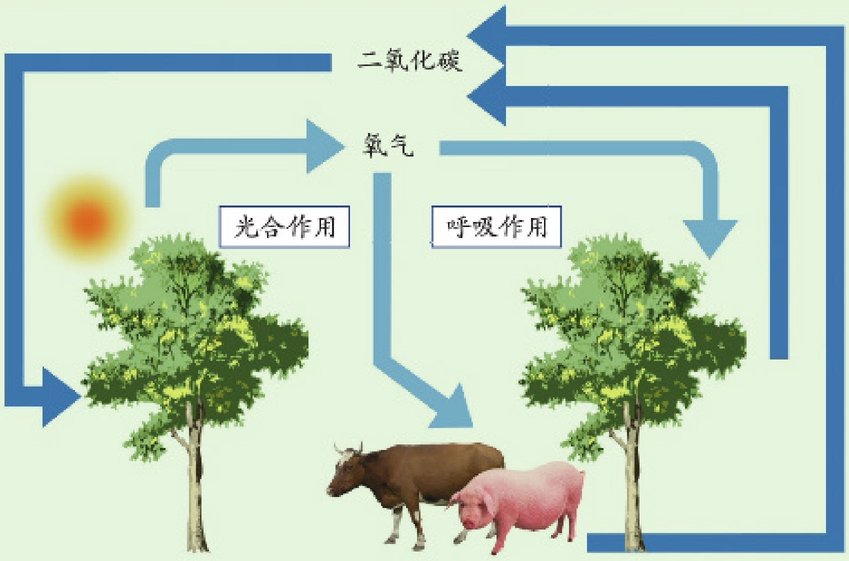


图7-24 光合作用和呼吸作用

表7-3

	光合作用	呼吸作用
二氧化碳（吸收/放出）		
氧气（吸收/放出）		
有机物（合成/分解）		
能量（吸收/释放）		
是否需要叶绿体		
是否需要光		

想一想

植物在进行光合作用的同时也在进行呼吸作用吗？

光合作用和呼吸作用是相互依存的。呼吸作用消耗的有机物是光合作用的产物，所放出的能量是光合作用储存在有机物中的能量；呼吸作用消耗的氧气是光合作用的产物，光合作用利用的二氧化碳是呼吸作用的产物；光合作用对原料的吸收利用和对产物的输导，所需要的能量又是呼吸作用所释放出来的。所以，没有光合作用，呼吸作用就没有基础；没有呼吸作用，光合作用也无法进行。

7.7.2 大气中氧气和二氧化碳的平衡

地球上，各种生物通过呼吸作用消耗氧气，产生二氧化碳。人类的生产、生活等需要燃烧煤、石油等，也要消耗氧气，产生二氧化碳。然而，在通常情况下，大气中氧气的体积百分比稳定在 21%左右，二氧化碳稳定在 0.03% ~ 0.04%。为什么大气中氧气和二氧化碳的含量能基本保持稳定呢？

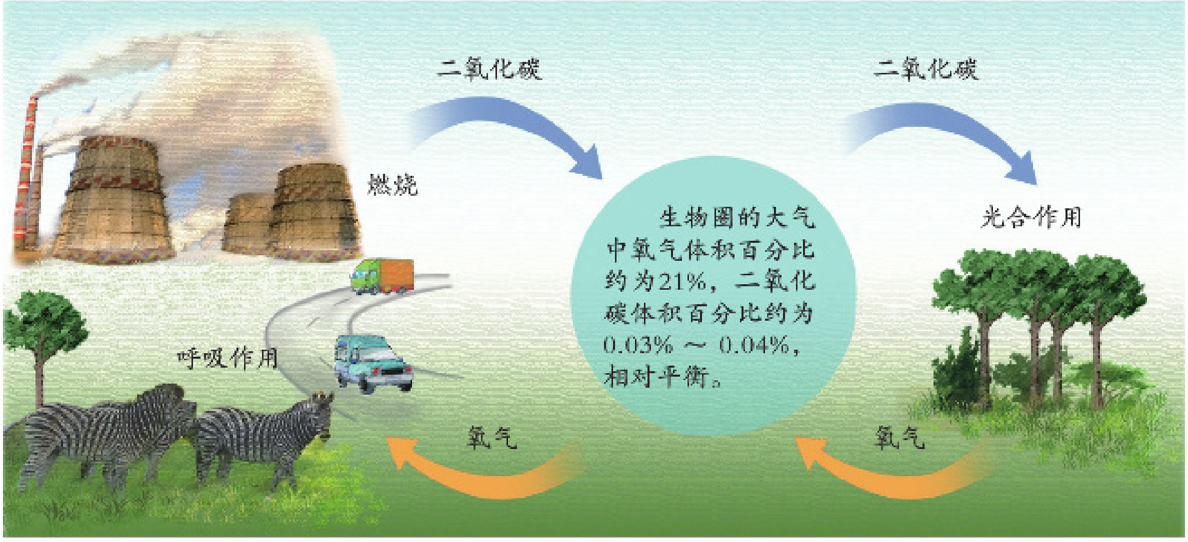


图7-25 自然界中的氧气和二氧化碳循环示意图

研究发现，绿色植物在光合作用中制造的氧气，超过了自身呼吸作用对氧气的需要，其余的氧气都以气体形式释放到大气中。光合作用使自然界中的氧气和二氧化碳得以相对平衡。

上述事实告诉我们，氧和碳在自然界中是不断循环的（图 7-25）：大自然中氧气的含量会由于生物的呼吸作用和煤、石油等物质的燃烧而减少，但又会随绿色植物的光合作用而增加，周而复始地进行循环；二氧化碳由于生物的呼吸作用和煤、石油等的燃烧而增加，但又会通过绿色植物的光合作用而减少，二氧化碳在自然界也是循环的。

想一想

在现代社会，人类大量燃烧煤和石油等燃料。这对自然界中的碳循环会带来怎样的影响？

7.7.3　温室效应

正常情况下，碳的循环是平衡的。但由于现代工业的迅速发展，人类大量燃烧煤、石油和天然气等矿物燃料，地层中经过千百万年积存的、已经脱离碳循环的碳元素，在很短的时间内被释放出来。这就打破了自然界中碳循环的平衡，使大气中的二氧化碳含量增加。

活动 10

取两个塑料杯，各装半杯清水，在一个盛水的塑料杯上盖一块玻璃片（图 7-26）。把它们同时放在太阳光下晒 1 h 左右，然后分别测量水温：______ 的杯内的水温高。你认为其中的原因是 ____。

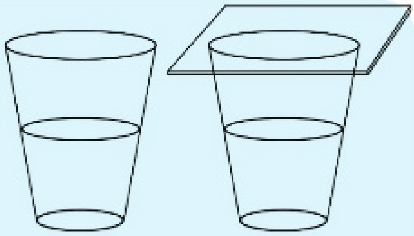
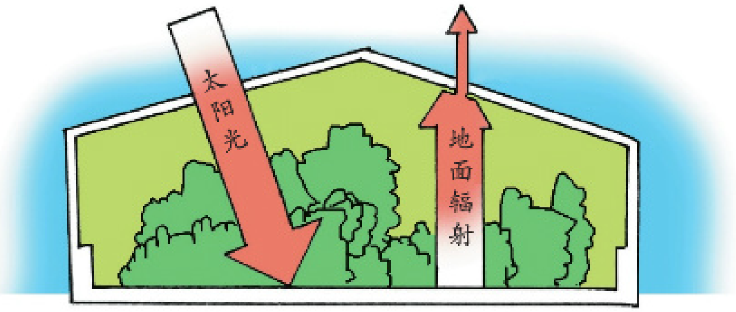


图7-26　温室的保温原理

温室就是利用这样的原理保温的（图 7-27）。



太阳光能透过温室的玻璃，而地面的辐射却很少能穿透玻璃；同时，温室内的气体也没有与外界环境进行对流，因此温室比周围环境的温度高，并不易降温。

图7-27　温室

大气中的二氧化碳具有与温室玻璃相似的作用，对地球起了保温的效果，人们称之为温室效应（greenhouse effect）（图 7-28）。

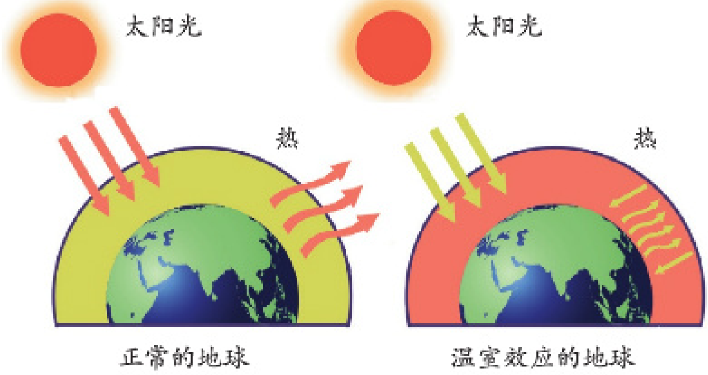


图7-28　温室效应

适度的温室效应能维持地球上的气温恒定，使之适于动植物生存。但近百年来，由于人类大量使用矿物燃料，加上森林面积因乱砍滥伐而急剧减少，大气中二氧化碳的含量增加较快，致使温室效应加剧，在一定程度上导致全球性气候变暖（global warming），并产生了一系列恶果。

能造成温室效应的气体除二氧化碳外，还包括水蒸气、臭氧、甲烷等，它们统称为温室气体。对全球升温的贡献百分比来说，二氧化碳由于含量较多，所占的比例也最大，约为 55%。

想一想

我们可以采取哪些措施来防治温室效应的加剧？

小档案

《联合国气候变化框架公约》与“联合国气候变化大会”

《联合国气候变化框架公约》（United Nations Framework Convention on Climate Change，简称《框架公约》，英文缩写 UNFCCC 或 FCCC）于 1992 年 6 月在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会上通过，并于 1994 年 3 月 21 日生效，目前共有一百九十余个缔约方。它是世界上第一个为全面控制二氧化碳等温室气体排放，以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来不利影响的国际公约，也是国际社会在对付全球气候变化问题上进行国际合作的一个基本框架。“共同但有区别的责任”是《框架公约》的核心原则，即发达国家率先减排，并向发展中国家提供资金技术支持。发展中国家在得到发达国家资金技术的支持下，采取措施减缓或适应气候变化。

从 1995 年开始每年举行一次《框架公约》缔约方大会，简称“联合国气候变化大会”。

1997 年，在日本京都举行的《框架公约》缔约方第三次大会上，通过了具有法律约束力的《联合国气候变化框架公约的京都议定书》（简称《京都议定书》，Kyoto Protocol），首次为发达国家设立强制减排目标，也是人类历史上首个具有法律约束力的减排文件。在 2008 ～ 2012 年的《京都议定书》第一承诺期内，发达国家的温室气体排放量应在 1990 年的基础上平均减少 5.2%。

2012 年，在卡塔尔多哈举行的《框架公约》缔约方第 18 次会议通过了《京都议定书》第二承诺期修正案，为相关发达国家设定了 2013 ～ 2020 年的温室气体量化减排指标。

在 2020 年《京都议定书》第二承诺期结束后，全球气候新协议将继续确定全球各方如何分担应对气候变化的责任。

本章提要

1. 人体通过呼吸系统完成与外界的气体交换。呼吸系统由呼吸道和肺组成。呼吸道包括鼻、咽、喉、气管和支气管，是气体进出肺的通道。肺是呼吸系统的主要器官，是气体交换的场所。
2. 人体的气体交换主要包括肺通气、肺泡内的气体交换和在组织里的气体交换。肺通气是依靠呼吸运动实现的；肺泡内的气体交换和在组织里的气体交换都是通过气体扩散完成的，扩散的方向是从该种气体浓度高的一侧向浓度低的一侧扩散。肺泡内的气体交换使缺氧血变为充氧血，组织里的气体交换则使充氧血变为缺氧血。
3. 生物体细胞内的有机物与氧反应，最终产生二氧化碳和水或其他产物，同时把有机物中的能量释放出来，这个过程称为呼吸作用。呼吸作用是生物体内一种缓慢进行的氧化反应，为生物体的生命活动提供了能量。
4. 空气中的污染物可以分为两类，即天然污染物和人为污染物。天然污染物是自然灾害所造成的，人为污染物是人类生产、生活所造成的。引起公害的往往是人为污染物，它们主要来源于燃料燃烧和大规模的工业和矿业生产。控制污染物排放是防治大气污染、改善空气质量的根本措施。
5. 空气中的污染物对人体健康的危害极大。长期吸入不清洁或有毒的气体会对呼吸系统造成严重危害，如引起咽炎、气管炎、肺炎、哮喘、肺气肿、矽肺等呼吸系统疾病。因此，保持环境中的空气新鲜、清洁是非常重要的。
6. 吸烟对人体健康有极大的危害，无论是主动吸烟，还是被动地吸二手烟，都会对身体造成伤害。香烟烟雾中的有害物质不仅可以通过吸烟影响肺等呼吸器官，而且对循环系统及消化系统等也有不良影响。
7. 植物没有明显的呼吸器官，没有明显的呼气和吸气过程，但植物和空气之间也会通过扩散作用进行气体交换。陆生植物的气孔、皮孔是气体出入的门户。
8. 光合作用是指绿色植物通过叶绿体，利用光能，把二氧化碳和水转化成储存着能量的有机物（如葡萄糖），并且释放出氧气的过程。地球上绝大多数生物依靠光合作用提供的有机物和氧气而生存。
9. 呼吸作用与光合作用是两个相互对立、又相互依存的生理过程。生物的呼吸作用、各种燃料的燃烧要消耗氧气并产生二氧化碳，植物的光合作用则能吸收二氧化碳和释放氧气，从而维持了大气中氧气和二氧化碳含量的相对稳定。

10. 大气中的二氧化碳对地球起着保温的作用，从而产生温室效应。能造成温室效应的气体除二氧化碳外，还包括水蒸气、臭氧、甲烷等，它们被统称为温室气体。

练 习 题

一、选择题

1. 气体从外界进入人体血液的路线可以表示为（　　）。

①鼻腔　②咽　③喉　④支气管　⑤气管

⑥肺泡外毛细血管　⑦肺泡

A. ①→②→③→④→⑤→⑥→⑦

B. ①→②→③→⑤→④→⑦→⑥

C. ①→③→②→⑤→④→⑥→⑦

D. ①→②→③→④→⑤→⑦→⑥

2. 人的肺泡外缠绕着毛细血管网，而且肺泡壁和毛细血管壁都很薄，这有利于（　　）。

A. 增加肺泡的数量　　B. 血液与肺泡内的气体交换

C. 气体在血液中的运输　　D. 组织细胞与血液的物质交换

3. 图7-29所示的是人的膈肌收缩和舒张时在胸腔内的位置。下列有关叙述中，正确的是（　　）。

A. 膈从 a 到 b 时呼气

B. 膈从 a 到 b 时吸气

C. 呼气完成的瞬间膈处于 b 状态

D. 吸气完成的瞬间膈处于 a 状态

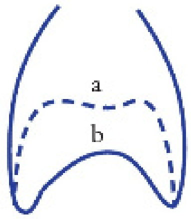


图7-29

4. 人体内气体交换的实现是通过（　　）。

A. 肋骨运动　　B. 扩散作用

C. 渗透作用　　D. 血液循环

5. 呼吸作用是生物的共同特征，其根本原因在于（　　）。
   A. 生命活动每时每刻都需要氧气
   B. 呼吸作用产生的二氧化碳必须及时排出
   C. 生命活动都需要能量作为动力
   D. 呼吸作用产生的水是生命活动所必需的

6. 吸烟的危害有（　　）。
   ① 香烟燃烧产生的一氧化碳会使红细胞携带氧气量比正常情况下大大减少
   ② 烟雾中含有许多种致癌物质，使吸烟者肺癌的患病率增加
   ③ 尼古丁会使吸烟者上瘾或产生药物依赖性
   A. ①②　　B. ②③　　C. ①③　　D. ①②③

7. 下列关于绿色植物光合作用原料的叙述中，错误的是（　　）。
   A. 光合作用的原料之一是二氧化碳
   B. 二氧化碳和水都用于制造淀粉
   C. 光合作用的唯一原料是二氧化碳
   D. 二氧化碳和水都是光合作用的原料

8. 如图 7-30 所示，某植物的绿叶经光照 24 h，脱色后用碘液处理，有锡箔覆盖的位置不呈蓝色而不被锡箔覆盖的部位呈蓝色。该实验证明（　　）。

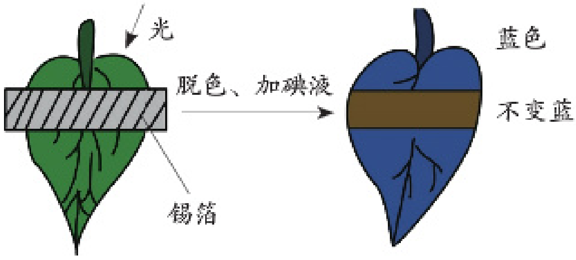


图7-30

   ①光合作用需叶绿素
   ②光合作用需光
   ③光合作用放出氧气
   ④光合作用制造淀粉
   A. ②④　　B. ①④　　C. ②③　　D. ①③

9. 关于温室效应，下列说法正确的是（　　）。
   A. 温室效应都是有害的
   B. 温室效应的加剧在一定程度上导致全球气候变暖
   C. 温室效应的加剧主要是由于大气中的水蒸气含量升高引起的
   D. 温室效应的加剧是由于大气层中臭氧层受到破坏引起的

二、简答题

1. 为什么用鼻呼吸比用口呼吸好？

2. 图 7-31 是人体内的气体交换过程示意图。据图回答下列问题：

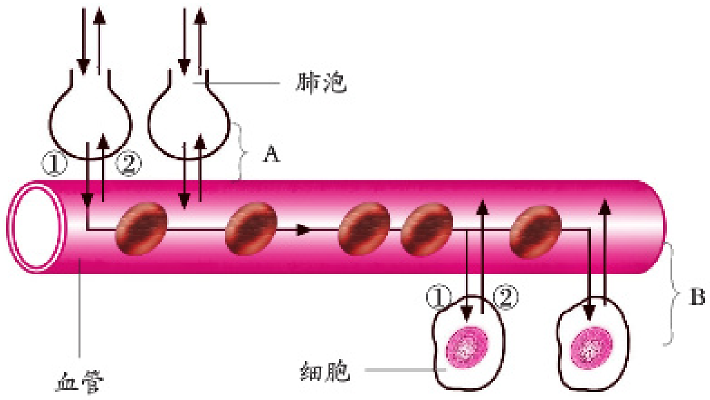


图7-31

（1）人体的气体交换包括［A］____________和［B］____________两个过程。

（2）图中①表示 ______ 的扩散作用，②表示 ______ 的扩散作用。

（3）过程②中的气体是由 ________ 运送的，过程①中的气体是由 ________ 运送的。

（4）气体进出肺泡是通过 ____________ 来实现的。

3. 图 7-32 是验证植物呼吸作用的实验装置图。请据图回答有关问题：

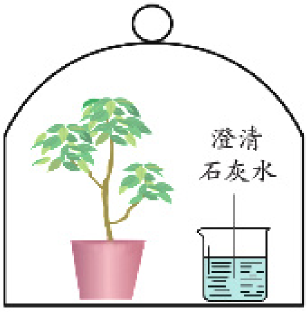


图7-32

（1）实验时将整个实验装置用黑布罩起来，不让光线透入，其目的是 ____________。

（2）第二天揭开黑布，发现装置内小烧杯中的石灰水变浑浊，说明大钟罩内 ______ 的浓度大大增加。

（3）将燃烧着的木枝伸入大钟罩内，燃烧着的木枝立即熄灭，说明大钟罩内 ______ 浓度大大降低。

（4）这个实验说明植物的呼吸作用是吸收 ______、放出 __________。

4. 下列各说法是否正确？为什么？

(1) 光合作用是生物和人类所需能量直接或间接的来源。光合作用也是一种能量的转化过程。

(2) 叶绿素可溶解于酒精中，叶绿素是植物进行光合作用的条件之一。

(3) 在黑暗的环境中，植物也会进行光合作用。

(4) 植物利用无机物制造有机物需要二氧化碳、水、叶绿素和阳光。

5. 任何物质都有两面性，二氧化碳的有利影响是促进植物的光合作用等，而不利影响是什么？

6. 人类降低空气中二氧化碳含量的行动有两个方向：一是减少二氧化碳排放，二是增加二氧化碳消耗。请写出一条你能做到的消耗二氧化碳的方式或途径。

第三单元

生命与空气、土壤

第8章 植物与土壤

学习目标

1. 能说出土壤的类型及其特征。
2. 能说出土壤对植物生长的影响。
3. 知道植物运输系统的组成和维管束的功能。
4. 能说明植物如何运输水分和养料。
5. 知道植物的蒸腾作用。
6. 能绘图表示气孔的结构。
7. 能说出人类活动对土壤的影响及保护土壤的方法。



本章概念图


植物与土壤
土壤
类型
砂土类土壤、黏土类土壤、壤土类土壤
影响植物生长的性状
黏性、通气性、保水保肥性等
土壤的污染和保护
植物
根与物质吸收
根吸水的部位
根尖根毛区（成熟区）
根吸水的原理
吸水：细胞内溶液浓度大于外界环境
失水：细胞内溶液浓度小于外界环境
茎与物质运输
植物的运输系统（维管束）
导管和筛管
茎的运输功能
运输水、无机盐
木质部的导管
运输有机物
韧皮部的筛管
叶与蒸腾作用
叶的结构
表皮（有气孔）、叶肉、叶脉
蒸腾作用
蒸腾作用的过程
影响蒸腾作用的因素
蒸腾作用的意义

8.1 土壤的类型

在陆地表面，广泛分布着土壤，但各地的土壤明显不同。有的肥沃，植物生长繁茂；有的贫瘠，植物生长困难。土壤是否有利于植物生长是由什么因素决定的呢？

8.1.1 土壤的结构和类型

土壤是由矿物质、腐殖质、水和空气等物质组成的，这些成分之间相互影响，并使土壤形成了一定的结构。举例来说，如果土壤中的矿物质颗粒较小，颗粒之间的空隙就少，那么土壤中的水和空气也就少了；如果土壤颗粒大小的比例和排列方式发生变化，或者土壤中的成分发生变化，就会导致土壤的结构发生变化。

矿物质颗粒是组成土壤的主要物质之一，土壤的矿物质颗粒有粗有细，粗的称为砂粒，细的称为黏粒，介于两者之间的称为粉砂粒（表 8–1）。大小不等的矿物质颗粒的多少和排列方式是影响土壤结构最重要的因素。

表8–1 土壤颗粒的分类

名称	直径（mm）
砂粒	2.0 ～ 0.02
粉砂粒	0.02 ～ 0.002
黏粒	＜ 0.002

想一想

砂粒、粉砂粒、黏粒分别堆积在一起，哪种颗粒之间的空隙大？哪种含空气和水多？

不同土壤的渗水能力是不同的，土壤渗水能力的大小与土壤颗粒的类型有关系吗？

活 动 1

1. 取砂粒和黏粒少许，用大拇指和食指蘸一些砂粒和黏粒，你能感觉出它们的不同吗？

2. 取 2 个漏斗，在漏斗口里放一些脱脂棉花。在其中一个漏斗中放一些砂粒，在另一个漏斗中放一些黏粒。将两个漏斗分别搁在锥形瓶上，往每个漏斗中倒半烧杯水，如图 8-1 所示。5 min 后，观察两个漏斗各有多少水流到锥形瓶内。能渗出较多水分的是________漏斗。

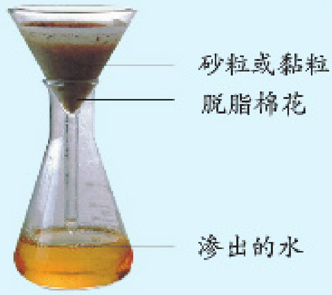


图8-1　土壤的渗水实验

想一想

根据粉砂粒的特性，如果以上实验用粉砂粒替代砂粒或黏粒，渗水情况将发生怎样的变化？

土壤中一般都含有砂粒、粉砂粒和黏粒。根据它们在土壤中所占的比例不同，可将土壤分为砂土类土壤、黏土类土壤和壤土类土壤三种。

表8-2　土壤的分类

土壤名称	土壤质地
砂土类土壤	砂粒多，黏粒少，土壤颗粒较粗
黏土类土壤	黏粒、粉砂粒多，土壤颗粒较细
壤土类土壤	砂粒、黏粒、粉砂粒大致等量，土壤质地较均匀

想一想

根据上述三种土壤的结构，你认为：

1. 通气性能最强的土壤是哪一种？通气性能最差的呢？
2. 保水性能最强的土壤是哪一种？透水性能最强的呢？

砂土类土壤通气性能最强，但很容易渗水，保水性能差；黏土类土壤不容易渗水，保水性能最强，但通气性能差；壤土类土壤的保水性能和通气性能都处在前两者之间。

8.1.2　土壤的性状与植物的生长

植物的生长需要土壤提供充足的水分、空气和无机盐，而土壤的通气性能、保水性能取决于它的黏性。土壤矿物质颗粒的组成与土壤的黏性之间有什么联系呢？

活动 2

1. 取足量的砂粒和黏粒。
2. 在花坛或农地里，选取足量的壤土类土壤。
3. 按砂粒与壤土类土壤的质量比为 20∶1 配制砂土类土壤。按黏粒与壤土类土壤的质量比为 5∶1 配制黏土类土壤。
4. 取少量壤土和已配制好的两种土壤，加少许水，用手搓一搓。哪种土壤能搓成一个条状体？上述三类土壤的黏性强弱顺序是怎样的？



图8–2　土壤的黏性

黏性较差的土壤，土壤中的空隙较大，比较疏松，水易渗入或流出，通气性能较好，但保水和保肥性能较差。黏性较强的土壤，空隙较小，保水性能好，但通气性能较差。

想一想

通过检验土壤的黏性实验，你认为哪种土壤更适合植物生长？

活动 3

将上述活动中的三种土壤分别装在三个同样大小的花盆内，然后分别种植 2～3 株大小相近、生长旺盛的同一种类的植物，并浇等量的水一次。将花盆放在窗台上能照到阳光、但不会被雨水淋到的地方，每天观察植物生长的情况，并做好观察记录。

通过观察发现：种植在__________土壤中的植物生长情况最好。

通过对三类土壤的结构和功能的研究，可将各种土壤的性状特点归纳如下：

表8–3　土壤的性状

土壤名称	性 状
砂土类土壤	疏松，不易黏结，通气、透水性能强，易干旱。有机质分解快，易流失。
黏土类土壤	质地黏重，湿时黏，干时硬。保水、保肥能力强，通气、透水性能差。
壤土类土壤	不太疏松，也不太黏。通气、透水，有保水、保肥能力，宜于耕种。

在三类土壤中，壤土类土壤的矿物质颗粒、空气、水和有机物等组成比例合理（图 8–3），土壤黏性适度，通气、透水、保水和保肥能力强。因此，壤土类土壤是适合大部分植物生长的土壤。

活动 4

参考图 8–3 壤土类土壤的各组成成分体积百分比图，根据以下数据，为砂土类土壤和黏土类土壤建立类似的百分比图。

砂土类土壤：空气 35%，水 15%，矿物质颗粒 40% ～ 45%，有机物 5% ～ 10%。

黏土类土壤：空气 15%，水 35%，矿物质颗粒 40% ～ 45%，有机物 5% ～ 10%。

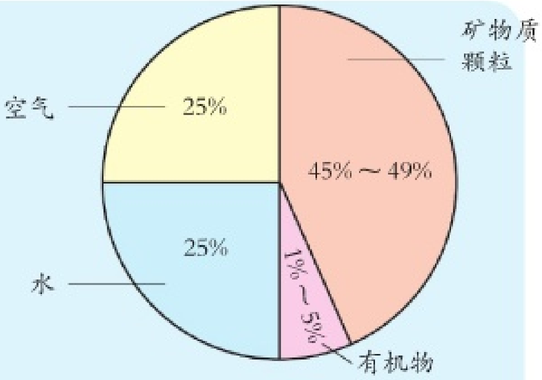


图8–3　组成壤土类土壤的各成分体积百分比

砂土类土壤

黏土类土壤

8.2　植物的根与物质吸收

植物通过根来吸收土壤中的各种营养物质。你知道根是如何吸收土壤中的营养物质的吗？

8.2.1　根的吸水与失水

种子植物都有发达的根系，植物根的各个部分是否都能吸收水分？根吸收水分的主要部位在哪里？

活动 5

1. 培育小麦种子，直到它们长出较长的根。
2. 选取 4 株生长旺盛、带有绿叶和根系的幼苗，随机分为 A、B 2 组。将 A 组的两株小麦植株所有根的前端（即根尖）剪去 3～5 mm，并在切口处涂上石蜡，B 组不做处理（图 8–4）。
3. 将 2 组小麦幼苗分别放在土壤浸出液中培养，观察其生长情况。
4. 实验结果：________组幼苗开始出现萎蔫现象。

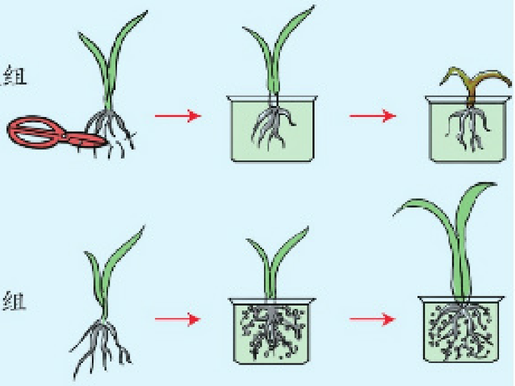
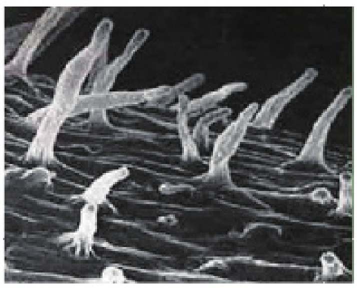


图8–4　根的吸水部位在哪里？

讨 论

1. 根据实验结果，你认为植物根吸水的主要部位在哪里？____________。
2. 在农业生产中，移植作物幼苗时为什么要带土移植？____________。

通过上述实验可知，根尖是根吸收水分的主要部位。通过进一步的观察研究，可知根尖吸收水分的主要部位是生有许多根毛的成熟区（也称为根毛区）。有人做过统计，根毛区上的根毛数目，玉米约有 420 条 / mm^2，豌豆约有 230 条 / mm^2。更多的研究证明，植物根尖的根毛区生有大量根毛，它们大大增加了根的吸收面积（图 8–6）。


图8–6　植物的根毛区

根毛是怎样从土壤中吸收水分的？根毛细胞有什么特点？是否在任何情况下，它都能从土壤中吸收水分呢？

活动 6

1. 选取 4 株生长旺盛的同种植物（如白菜等）幼苗，随机分成 2 组。
2. 将 2 组植物的根部洗净，分别放入盛有清水和浓盐水的 2 个锥形瓶中（图 8–5）。
3. 20～40 min 后，观察 2 组植物，加以比较，并做好观察记录。

   在清水中的植物：________________。

   在浓盐水中的植物：________________。
4. 分析实验结果产生的原因，说说根毛细胞必须在什么条件下才能从土壤中吸收水分？

尽量不要损伤根毛。



图8–5　植物失水的实验

根毛细胞的细胞壁极薄，液泡较大（图 8-7）。当根毛穿过土壤颗粒的空隙时，它们与土壤颗粒紧密地黏附在一起。土壤颗粒之间含有无机盐和水分，称为土壤溶液。一般情况下，根毛细胞液的浓度大于土壤溶液的浓度，于是，土壤里的水分便向根毛细胞渗透，被根毛细胞吸收。反之，若土壤溶液的浓度大于根毛细胞液的浓度时，根毛细胞就会失水。一次施肥过多，容易造成“烧苗”，就是这个道理。

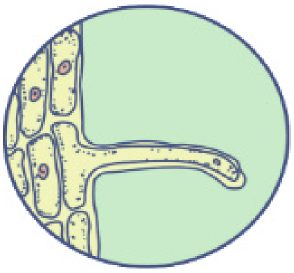


图8-7 玉米的根毛和表皮细胞

植物从土壤中吸收的水分进入根毛细胞后，根据细胞内溶液浓度的差异，水分由一个皮层细胞进入另一个皮层细胞，然后进入根的木质部，最后输送到植物体各部分的细胞中（图 8-8）。

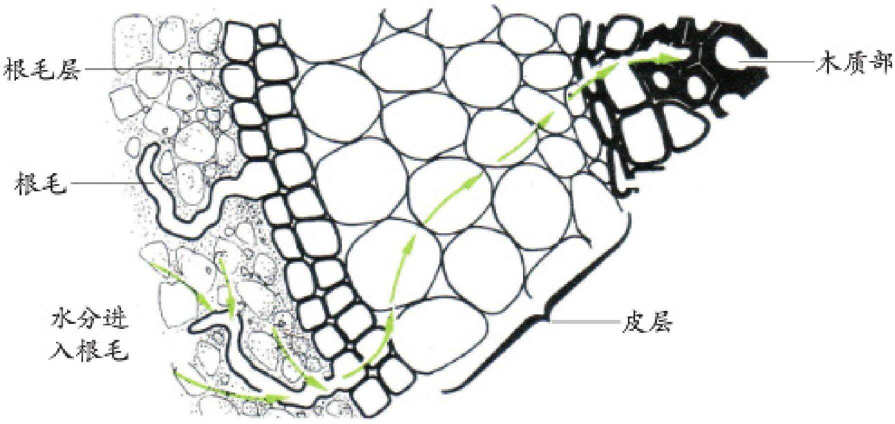


图8-8 水分进入根部的途径

8.2.2 植物生长需要无机盐

植物生活需要从土壤中吸收水分，而土壤中的水往往含有无机盐。植物的生活是否需要无机盐？植物的根系能否从土壤里吸收无机盐呢？

活动 7

1. 配制 4 种营养液。其中一种按科学标准配制，另外 3 种分别缺氮、磷、钾等元素。将它们分别倒入 4 个锥形瓶内，并用标签注明“正常、缺氮、缺磷、缺钾”等字样（图 8-9）。
2. 选取生长旺盛的同种植物幼苗（如烟草、油菜、小麦等）4 株或 8 株，小心洗去其根部附着物，最后用蒸馏水将其洗净，并分别将它们“种植”在 4 个锥形瓶中。
3. 记录在 4 种营养液中植物生长的基本状况，如发现异常生长，在相应的营养液中分别按标准添加含氮、磷、钾等元素的化合物。再观察植物的生长状况，它们的生长是否恢复正常？



注意不要伤到根。

图8-9　生长在营养液中的植物

活动 7 证明了植物的生长需要无机盐。研究表明，植物的根系不但从土壤里吸收水分，也从土壤中吸收无机盐，这些无机盐主要也是在根毛区被吸收的。植物生长需要多种无机盐，其中需要量最多的是含氮、磷和钾的无机盐。不同的无机盐对植物生长起着不同的作用。如果缺少某种必需的无机盐，植株就不能正常生长。此时，我们就要给农作物施用含有相应元素的肥料，以提供植物所需的无机盐。

小档案

无土栽培

传统的作物栽培是离不开土壤的，现代农业技术却可以不用土壤。只要给植物提供它所需要的水和无机盐，并将植株固定住，注意通气，植物离开土壤也能成活。

根据植物生长所需要的无机盐种类、数量和比例配制营养液，用营养液来栽培植物，这就是无土栽培（图 8-10）。无土栽培可以更合理地满足不同植物以及同一种植物不同的生长期对各类无机盐的需要，从而使植物长得更好。无土栽培为花卉、蔬菜及粮食作物生产的工厂化、自动化开辟了广阔的前景。



图8-10　立柱式无土栽培

8.3 植物体中物质的运输

植物的根从土壤中吸收的营养物质、叶制造的有机物都要通过植物体中的运输系统运输到各个器官。这些物质是怎样通过运输系统运输的呢？

8.3.1 植物的运输系统

在蕨类植物、裸子植物和被子植物的叶和幼茎等器官中，物质的运输是依靠维管束（vascular bundle）进行的。维管束是由韧皮部（phloem）和木质部（xylem）及其周围紧密接合的机械组织构成的束状结构，它们彼此交织连接，起着输导水分、无机盐及有机物的作用（图 8-11）。此外，还兼有支持植物体的作用。

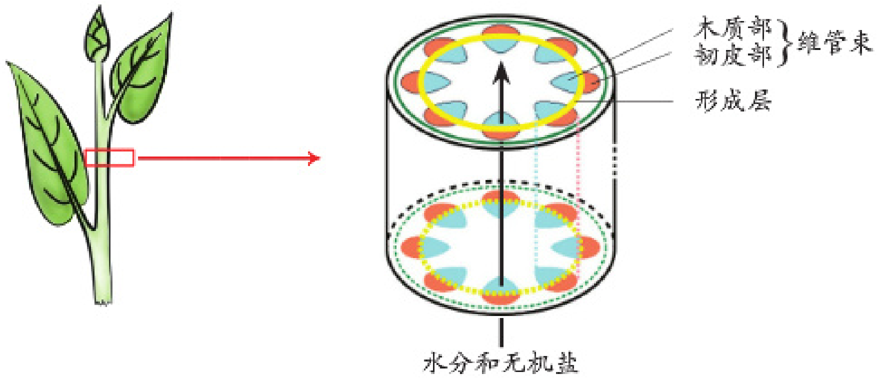


图8-11 木本植物幼茎的维管束示意图

维管束由叶贯穿至植物的茎与根。叶片上常可以发现许多细细的叶脉（vein）遍布叶片上，叶脉中就分布有维管束（图 8-12）。

在木本植物里，韧皮部位于树皮中靠近木质部的部位。韧皮部中含有运输有机养料的筛管（sieve tube）；木质部中含有运输水分及无机盐的导管（vessel）（图 8-13）。根、茎和叶脉内的导管、筛管彼此连接和贯通，形成一个完整的管道系统，完成植物体运输水分、无机盐和有机物的功能。

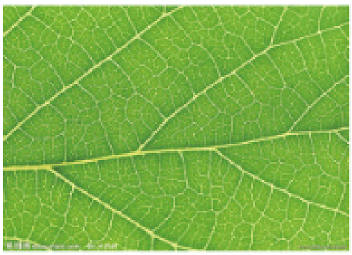


图8-12 叶脉

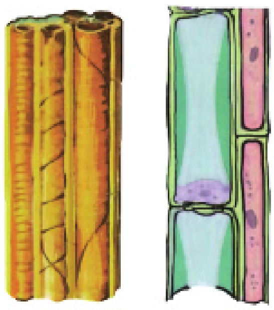


图8-13 导管和筛管

8.3.2　水分和无机盐的运输

我们知道，植物的根与茎相连，叶着生在茎及其分枝上。因此，根吸收的水分和无机盐必然通过茎运输到叶和花中去。

活动 8

1. 取一段带叶的植物枝条。用刀将其基部削成平整的斜面。
2. 将枝条插入装有红墨水的烧杯中，置于阳光下照射（图 8-14）。待枝条基部颜色有变化后，取出枝条洗净。
3. 在枝条基部上方横切植物枝条。横切面上什么部位变成了红色？ ________。
4. 纵切枝条，用放大镜观察纵切面，变红色的部位位于茎的什么地方？ ________。呈什么形状？ ________。

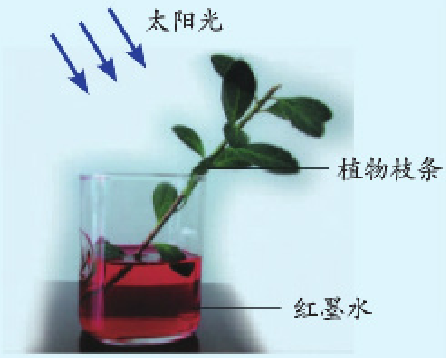


图8-14　水和无机盐的运输

想一想

仔细观察上述茎的纵切面，靠近枝条顶端，红色是否变得越来越浅？这是什么原因造成的？

通过上述观察可知，茎有运输水分和无机盐的功能，输送的通道位于木质部里，水分和无机盐是自下而上运输的。

8.3.3　有机物的运输

植物的叶通过光合作用制造了有机物，这些有机物除少部分留在叶肉细胞外，大部分运输到茎、根、果实、种子等部位。有机物在茎中又是怎样运输的呢？

活动 9

在一株盆栽木本植物上选一个枝条，用解剖刀在枝条中部剥除约 1 cm 宽的一圈树皮，露出木质部（图 8-15a）。用刀轻刮木质部表面，然后用少许凡士林涂抹环剥部位。每隔一周观察并记录枝条环剥部位的变化。

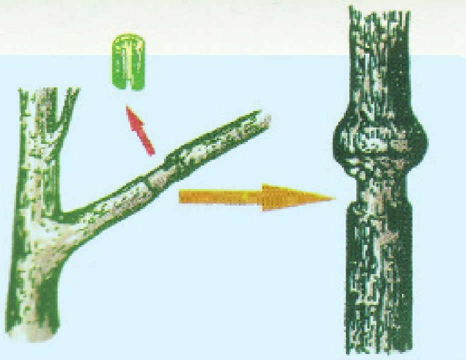


图8-15 枝瘤

经过几个月后，切口上方的树皮将膨大而形成枝瘤（图 8-15b）。这个实验表明，有机物是通过树皮自上而下运输的。剥去一圈树皮以后，由于叶制造的有机物向下运输的通道被切断了，有机物就积存在切口的上方。那里的细胞分裂和生长都加快，树皮就膨大起来，于是形成了瘤状物。我们知道，树皮里只有韧皮部的筛管是上下相通的。可见，叶制造的有机物，是通过筛管向下运输的。

想一想

任意毁坏树皮会给树木带来什么不良的后果？

8.4 植物的蒸腾作用

炎热的夏天，树林里空气湿润，凉爽宜人，这是因为树木的蒸腾作用，提高了空气的湿度，降低了空气的温度。

8.4.1 叶片的蒸腾作用

人们很早就发现，植物的叶片在不断散发水分。

活动 10

1. 选取一棵盆栽植物的两个枝条，将其中一枝的叶片摘除，另一枝维持正常生长。将两个枝条分别用透明塑料袋包扎起来，避免透气（图 8-16）。
2. 给该植物浇水后，将之置于阳光下照射 2 h。
3. 观察哪一塑料袋内有水珠产生：__________。这说明____________________。



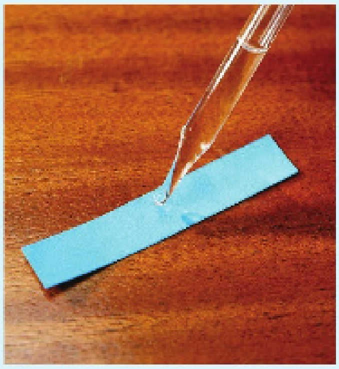
图8-16　蒸腾作用的实验

塑料袋内的水珠，是由植物体散发出来的水蒸气凝结而成的。水分以气体状态从植物体内散发到体外的过程，称为蒸腾作用（transpiration）。

水是从叶的什么地方散发出来的呢?

活动 11

1. 选取一片生长旺盛的大红花叶，用滤纸把它上、下表皮上的水分吸干。
2. 将 a、b 两张浸有氯化钴溶液的蓝色试纸，相对应地贴在叶片上、下表皮的表面，并用回形针将其固定。
3. 另取一张浸过氯化钴溶液的蓝色试纸，滴一滴水，观察到蓝色试纸的颜色变化是____________________（图 8-17）。
4. 过一段时间，观察贴在叶上、下表皮上的试纸颜色的变化。先变色的是________，颜色深一些的是________。


图8-17　氯化钴试纸

通过实验可知，水是从叶的上、下表皮中散发出来的，而且，下表皮散发出来的水分要多于上表皮散发出来的水分。

8.4.2 植物散发水分的结构——气孔

水究竟是通过上、下表皮的什么结构散发出来的呢？

实验1

观察叶片的下表皮

目标

1. 练习装片的制作、高倍镜的使用。
2. 观察表皮细胞，认识气孔。
3. 画叶片的表皮细胞和保卫细胞。

器材

载玻片1个、盖玻片1个、滴管1支、清水若干、镊子1把、解剖针1支、显微镜1台、吸水纸1张、新鲜的百合叶（或其他植物的叶片）。

过程

1. 在载玻片上滴一滴清水。用镊子撕取百合叶片的下表皮，把它们放在载玻片上，用解剖针把它们展平，加盖盖玻片。
2. 在低倍显微镜下观察叶片的表皮细胞。它们呈什么形状？在临时装片上找一找有没有半月形的细胞？
3. 换用高倍显微镜仔细观察半月形细胞。它里面有没有叶绿体？请把你的观察结果绘制在右边的圆圈内。

叶的表皮细胞是无色透明的，对叶起保护作用。半月形的细胞是保卫细胞（guard cell），两个保卫细胞之间的小孔是气孔（stoma）。气孔不仅是植物体与外界进行气体交换的“窗口”，而且是散失体内水分的“门户”（图7-14）。

8.4.3 水在植物体内的运输途径

从被根吸收到通过气孔散发，水在植物体内经历了怎样的过程？

读图

读图 8–18，写出水由根部吸收至蒸腾作用失水的途径：根毛→ ________ ________________ →叶外。

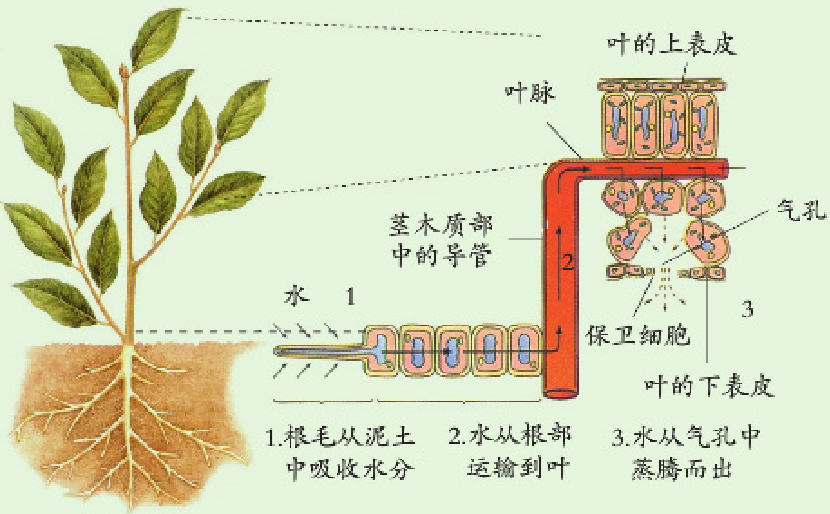


图8–18　水在植物体内的运输路径

想一想

为什么移栽植物最好选择在阴天或傍晚？移栽后的植物为什么常要遮荫？

土壤中的水分由根毛细胞进入根内，然后通过根、茎、叶的导管输送到叶肉细胞。这些水分，除了很小一部分参加植物体内各项生命活动以外，绝大部分变成水蒸气，通过气孔散发到大气中。研究表明，根吸收的水约有99% 是通过蒸腾作用散发出去的。叶片是植物散失水分的主要器官，也有少量水分通过叶柄和幼嫩的茎散发。植物能通过气孔的开闭来调节蒸腾作用的快慢，使植物体内经常保持着适量的水分。

植物体内含有足够的水分，才能正常地进行各项生命活动。当蒸腾作用消耗的水量超过根部吸收的水量时，植物就会出现萎蔫。萎蔫严重的时候，植物会死亡，因此，在植株的日常养护中要注意及时浇水。

8.4.4　蒸腾作用的意义和影响因素

我们知道，将物体从低处运到高处是需要克服重力的。那么，植物的根从土壤里吸收水分和无机盐后，通过茎运往叶、花、果实等部分，其运输的动力来自哪里？

通过蒸腾作用会产生一种拉力（蒸腾牵引力），能把茎内木质部导管里的水往上拉，根部的水也随着上升。可见，蒸腾作用促进了水的吸收和运输，同时也促进了溶解在水中的无机盐的运输，是植物的根不间断吸水的主要动力。此外，在蒸腾作用中，水变成水蒸气时，会吸收周围的热量，从而降低植物叶片表面的温度，避免因阳光的强烈照射而灼伤叶片。因此，植物的蒸腾作用对植物自身具有非常重要的意义。

不同环境条件下，蒸腾作用的快慢是不同的，哪些环境因素会影响植物蒸腾作用的快慢呢？

活动 12

1. 如图 8-19 所示装置，在液体压强计的 U 形玻璃管内灌满稀释的红墨水，用橡皮管将木本植物枝条与 U 形玻璃管左侧连通，在室内放置约 5 min，观察 U 形玻璃管内的水柱有什么变化。__________。为什么会有这一变化？__________。
2. 如果把这一装置放在室内阳台有阳光照射的地方约 5 min，水柱将会有什么变化？__________。为什么？__________。
3. 如果把这一装置放在阴暗潮湿的环境中约 5 min，水柱将会有什么变化？__________。为什么？__________。
4. 如果在实验室里，用吹风机（自然风挡）吹叶片约 5 min，水柱又会有什么变化？__________。

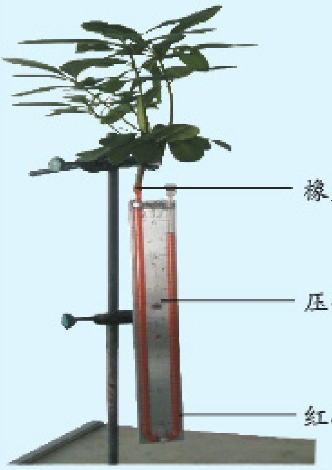


图8-19 环境因素对蒸腾作用的影响

通过以上实验，可知大气的温度、湿度和气流速度等因素都能影响植物蒸腾作用的快慢。

8.5 保护土壤

人类的生活离不开土壤。随着工农业的快速发展，地球上的土壤受到了不同程度的破坏。合理利用和保护土壤已成为人类十分关注的重大课题。

8.5.1 土壤是重要的自然资源

在自然界，陆生植物的生长一般离不开土壤，许多动物和微生物也生活在土壤里。在我们的生活和生产活动中，土壤是必不可少的自然资源。如此重要的资源，现今的状况如何呢？

地球上陆地面积仅占地表总面积的 29%。除了湖泊、河流、裸露岩石等，有土壤覆盖的土地就更少。由于土层太浅、土壤污染、永久冻土和含水量过高或过低等原因，陆地面积中 89% 的土地目前尚不适宜开展农业生产（图 8-20）。

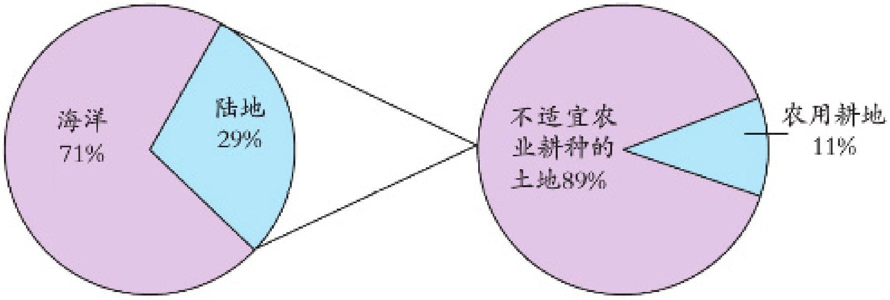


图8-20 陆地面积和农用耕地

由于社会和自然原因，世界土壤资源的数量和质量正在不断下降。主要表现在：①土壤肥力下降。目前，全世界投资少、产量高的耕地面积已经小于投资高、产量低的耕地面积。②土壤严重退化。主要是土壤盐碱化、沙化、沼泽化和受化学污染的情况日益严重（图 8-21 和图 8-22）。③土壤遭受侵蚀。世界每年因森林砍伐而导致土地受侵蚀的面积达数亿亩。④农田被侵占。每年约有数千万亩农地被工业、交通运输业等侵占。



图8-21 沙化的土地



图8-22 土壤的盐碱化

活动 13

通过调查或访问取得当地的有关数据，判断我们周围的土壤资源是否丰富，数量和质量有无下降。

8.5.2　土壤污染及其防治

在现代社会，人类生活和生产过程中产生的废水、废气和固体废物不断进入土壤。当积累的污染物超过土壤自净能力时，就会引起土壤的组成、结构和功能发生变化，微生物活动受到抑制，从而导致土壤质量恶化，造成土壤污染（soil pollution）。

土壤污染物大致可分为无机污染物和有机污染物两大类。无机污染物主要包括酸、碱、重金属、盐类、放射性元素等。有机污染物主要包括有机农药、酚类、石油、合成洗涤剂等，以及由城市污水、污泥及牲畜的排泄物和生物残体带来的某些有害病菌、寄生虫和病毒等微生物。你知道图 8-23 所列的常见土壤污染物及其危害吗？



白色污染



工业、生活污水用于农田灌溉



煤灰等工业固体废物污染



农田化肥、农药污染

图8-23　土壤污染

想一想

1. 会引起当地土壤污染的污染物还有哪些？
2. 针对土壤污染的现状，你认为可采取哪些防治或保护措施？

过量使用农药、化肥或施用方法不当，可使土壤受到污染。生活和生产中排放的污水通过土壤时，颗粒较大的杂质会被过滤掉，一些杂质可被细小土粒吸附。土壤具有一定的自净能力，污水数量较少时，会被土壤净化。当污水数量太多而来不及净化时，就会使土壤受到污染。因此，应防止在农业生产中乱用、滥用农药、化肥及从源头上禁止用未经处理的污水灌溉农田，防止土质恶化。

土壤与大气、水不同，它是不流动的物质，本身自净能力较差，一旦受到污染，不易恢复。因此，我们要十分注意保护土壤，防止土壤污染。对于已经被污染的土壤，要进行治理。采取排水方法，可减少土壤中溶解度较大的污染物；对于稳定而难分解的污染物，采取深翻土地的方法，可减少其在耕作层的浓度。

被污染的土壤会危害农作物的生长，降低农产品的产量和质量。有害物质及其分解产物还会进入农产品，通过“土壤→植物→人体”，或通过“土壤→水→人体”的途径间接地被人体吸收，危害人体的健康。

本章提要

1. 矿物质颗粒是土壤的主要构成成分。根据直径大小，土壤颗粒可分为砂粒、粉砂粒和黏粒。土壤中一般都含有砂粒、粉砂粒和黏粒，根据它们所占比例的不同，可将土壤分为砂土类土壤、壤土类土壤和黏土类土壤。最有利于植物生长的土壤是黏性适度、通气透水、保水保肥能力强的壤土类土壤。
2. 根尖是植物根吸收水分的主要部位。根尖吸收水分的主要区域是生有许多根毛的成熟区。当根毛细胞中的溶液浓度大于环境（土壤）溶液的浓度时，根毛细胞吸水；反之，根毛细胞失水。
3. 植物的根系不但从土壤里吸收水分，也从土壤中吸收无机盐。根吸收无机盐的主要部位也是根尖的成熟区。
4. 维管束由韧皮部和木质部及其周围紧密接合的机械组织所构成。韧皮部中有输导有机物的筛管，木质部中有输导水分和无机盐的导管。根、茎、叶中的导管之间和筛管之间是各自连通的，它们在植物体内形成了两个相对独立的管道系统，分别输送水、无机盐和有机物。

5. 叶片由叶表皮、叶肉、叶脉等组成。叶表皮上有半月形的保卫细胞，保卫细胞间的小孔是气孔。根吸收的水大部分以气体状态从气孔中散发到体外，这个过程称为蒸腾作用；还有小部分水参与了光合作用等生命活动过程。
6. 蒸腾作用是根部吸水的主要动力，利于植物对水的吸收和运输，也利于溶解在水中的无机盐在植物体内的运输。在温度偏高的情况下，蒸腾作用能有效地降低叶片的温度，避免因强烈阳光的照射而灼伤叶片。
7. 土壤是重要的资源，而且是有限的。由于社会和自然的原因，世界土壤资源的数量和质量正在不断下降。保持水土、防治土壤荒漠化和土壤污染，保护有限的土壤资源，是人类刻不容缓的大事。
8. 应防止在农业生产中乱用、滥用农药、化肥，并从源头上禁止用未经处理的污水灌溉农田，以保护土壤。

练 习 题

一、选择题

1. 玉米等旱地作物适宜在较干燥的土壤中生长。若种植在湿润的土壤中，因水分比例过大，将导致植物的根不能正常呼吸而腐烂，俗称“霉根”。在下列土壤中种植玉米，最有可能导致“霉根”而死亡的是（　　）。

   A．砂土类土壤　　B．黏土类土壤
   C．壤土类土壤　　D．以上三类土壤都有可能

2. 当外界溶液的浓度小于植物细胞液的浓度时，植物根毛细胞将（　　）。

   A．失水　　B．吸水
   C．先吸水后失水　　D．先失水后吸水

3. 有一棵古树，它的“树心”已经朽烂变成了一棵“空心树”。可是，这棵古树还是枝繁叶茂、开花结果。由此推断，朽烂掉的“树心”是这棵树的（　　）。

   A．全部韧皮部　　B．部分韧皮部
   C．全部木质部　　D．部分木质部

4. 水和无机盐在植物体中运输的基本路径是（　　）。
A. 叶中筛管→茎中筛管→根中筛管
B. 根中筛管→茎中筛管→叶中筛管
C. 根中导管→茎中导管→叶中导管
D. 叶中导管→茎中导管→根中导管

5. 天气炎热时，人在树荫下要比在房屋的阴影下感到更凉爽，主要原因是（　　）。
A. 植物能够吸收土壤中的水分
B. 光合作用释放出了氧气
C. 蒸腾作用带走了大量的热
D. 树木遮挡了阳光

6. 下列各种土壤污染物中，不属于无机物污染的是（　　）。
A. 钢铁厂工业废水　　B. 矿山采掘废水
C. 化工厂工业废水　　D. 屠宰场污水

7. 下列各项农业生产措施中，有利于保护土壤的是（　　）。
A. 大量使用化肥
B. 经常使用农药防治病虫害
C. 用经过处理的生活污水灌溉农田
D. 将废弃的农用塑料薄膜埋入土壤中

二、简答题

1. 土壤的保水、保肥、通气、透水的能力主要与______有关。最有利于植物生长的土壤是______土壤，因为这种土壤____________________________。

2. 促使“一盘散沙”的土壤颗粒形成“团粒状”结构，你有什么办法？

3. 某同学养了一株月季花。为了让它长得快一点，他每天为它施肥。结果没过几天，月季花就萎蔫死亡了。你能解释这一现象吗？

4. 导管位于茎的______之中，具有输导______和______的功能；筛管位于茎的______之中，具有输导______的功能。

5. 某同学做切片观察玉米茎横切面时，不会区分维管束中的韧皮部和木质部，但他略作思考后，用一些红墨水解决了这个问题。请设想他是怎么做的？

6. 在叶表皮中无色透明的细胞是叶的________，对叶起________作用。半月形的细胞是__________，它们之间的小孔是_______，是气体进出叶片的门户。

7. 图 8-24 是水分蒸腾的全过程示意图。请据图回答：

（1）图中①所示为根尖____________________的过程。该过程发生的原理是____________________________________。

（2）图中②所示结构为_______________。功能是将水分和无机盐经_______________运输到叶或者其他器官。

（3）图中③所示为水分以__________形式散失的过程，称为_______________。该过程可以产生拉力作用，使土壤中的__________源源不断地向上运输，同时还将__________从根运输到茎和叶。

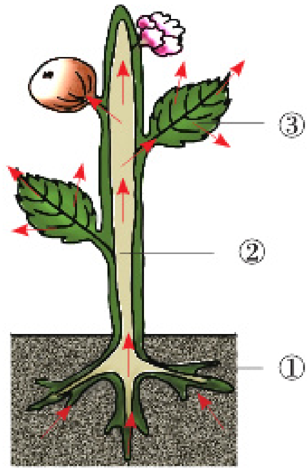
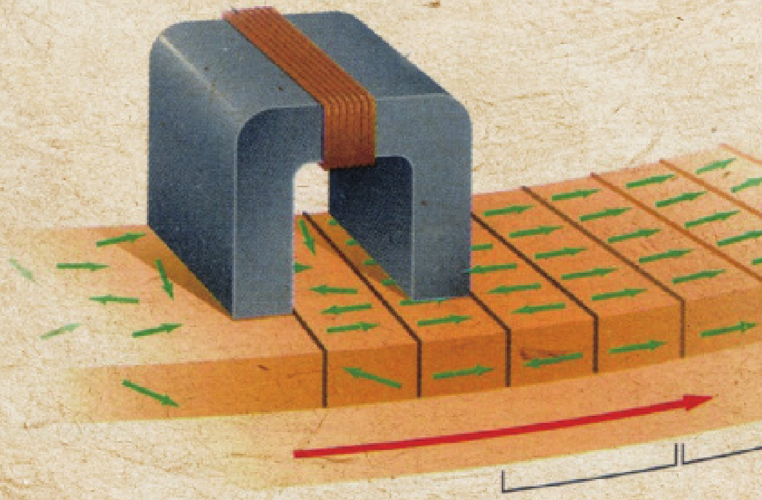


图8-24

8. 目前，世界土地资源面临哪些主要危机？你能为家乡的土地做些什么？

第四单元

人类对电和磁的利用



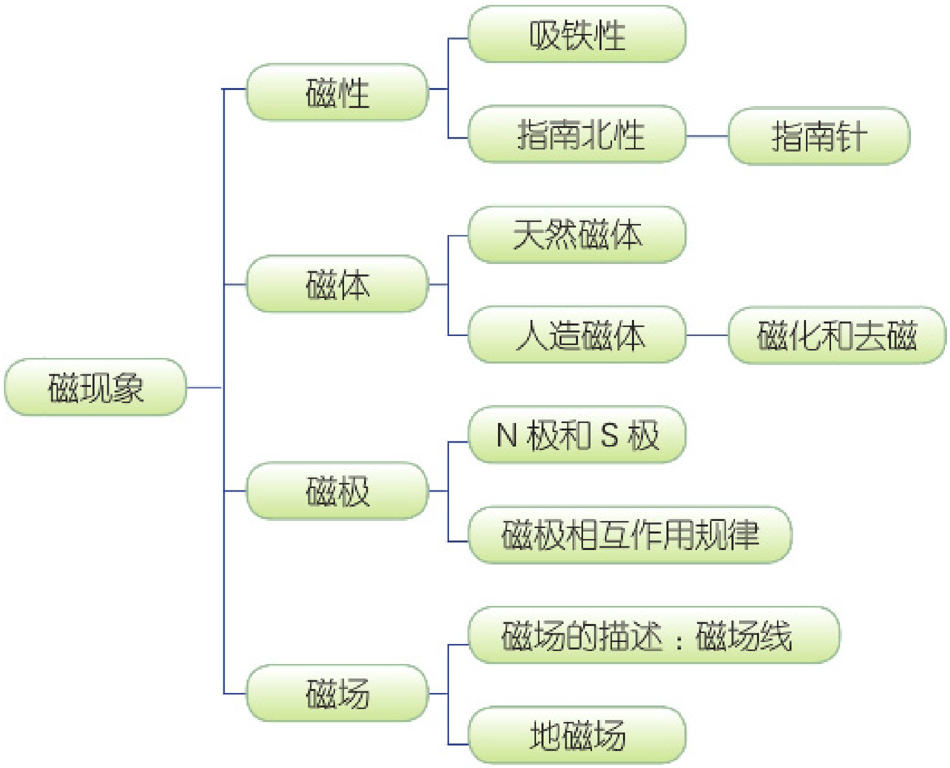
第9章 指南针为什么能指南北

学习目标

1. 知道磁体和磁性。
2. 知道磁极及其相互作用的规律。
3. 知道磁化和去磁的方法。
4. 知道磁场和磁场线。
5. 能画出条形磁铁周围的磁场线。
6. 知道地球是个磁体。
7. 知道指南针的原理和功用。



本章概念图


磁现象
磁性
吸铁性
指南北性
指南针
磁体
天然磁体
人造磁体
磁化和去磁
磁极
N 极和 S 极
磁极相互作用规律
磁场
磁场的描述：磁场线
地磁场

9.1 磁体和磁极

几个儿童正在玩钓鱼游戏，当他们将悬在杆端的一个物体放在模型鱼的眼部时，就可以将模型鱼钓起来。这个物体是靠什么力将模型鱼提起来的呢？



图9-1　钓鱼游戏

9.1.1　磁性和磁体

活动 1

取出身边的一些物品，如橡皮擦、铝罐、铁夹、各种硬币、回形针、塑料笔套、钥匙等，试着用磁铁吸引。看哪些物品能够被磁铁吸引，哪些物品不能被磁铁吸引，并填入表 9-1 中。



图9-2　用磁铁吸物品实验

表9-1

能被磁铁吸引的物品	不能被磁铁吸引的物品

大量实验事实表明，磁铁能够吸引铁、镍、钴等物质，磁铁的这种性质称为磁性（magnetism），具有磁性的物体称为磁体（magnet）。磁石是天然的磁体，生活和生产中实际使用的磁体都是人工制造的。



图9-3　天然磁体和人工磁体

9.1.2 磁极及其相互作用

活动 2

1. 用条形磁铁的不同部位吸引铁屑，可以发现，条形磁铁的两端吸引的铁屑最多（图 9-4）。
2. 如图 9-5，把条形磁铁水平悬挂起来，待它静止时，观察其两端的指向；改变磁铁的指向，待它再次静止时，可以发现，它两端的指向仍与前一次相同。

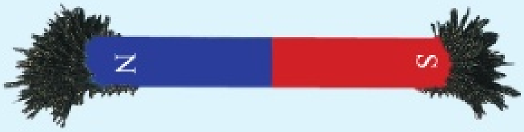


图9-4 不同部位的磁性强弱不同

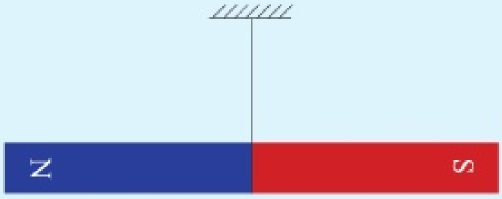


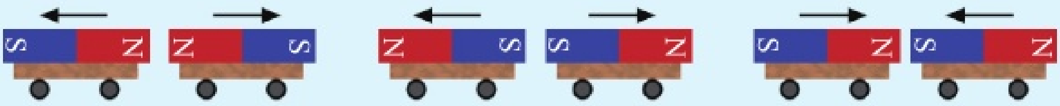
图9-5 水平悬挂的条形磁铁

磁体磁性最强的部位叫做磁极（magnetic pole）。条形磁铁的磁极在它的两端。如果磁体能够自由转动，磁体静止时，其两端总是指向南北方向。我们把磁体指北的那个磁极称为北极（north pole），又称 N 极，指南的那个磁极称为南极（south pole），又称 S 极。任何磁体都有两个磁极。

我们知道，电荷与电荷会相互作用，磁体与磁体是否也会相互作用呢？如果会相互作用，这种作用有什么规律呢？

活动 3

1. 如图 9-6a，把 2 个条形磁铁分别放在 2 辆小车上，将 2 个磁铁的 N 极相对邻近放置，发现 2 辆小车将彼此远离。
2. 如图 9-6b，改将 2 个条形磁铁的 S 极相对邻近放置，发现 2 辆小车也将彼此远离。
3. 如图 9-6c，改将一个条形磁铁的 N 极和另一个条形磁铁的 S 极相对邻近放置，发现 2 辆小车将彼此靠近。



a　　b　　c

图9-6 磁极的相互作用实验

上述实验现象表明，磁体不但会对铁、镍、钴等物质产生力的作用，磁体与磁体之间也存在力的作用，科学上将这些作用力统称为磁力（magnetic force）。磁体之间相互作用的规律为：同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引。

想一想

如图 9-7 所示，条形磁铁断裂成两段之后，你认为每一段是否还具有两个磁极？如果有两个磁极，分别是什么极？你能用什么方法对你的观点作出证明？

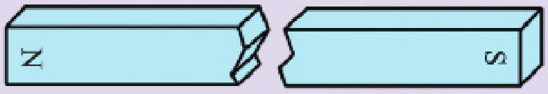


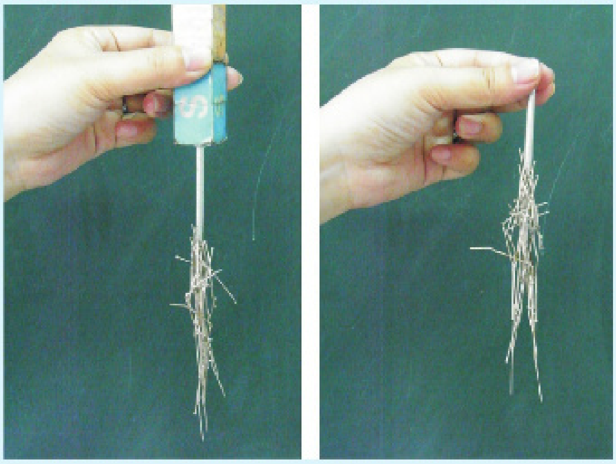
图9-7　断裂了的磁体

9.1.3　磁化和去磁

我们平常使用的各种磁铁原先并没有磁性，它们是通过人工的方法获得磁性的。如何使原来没有磁性的材料获得磁性呢？

活动 4

1. 取一枚普通的钢钉，让它靠近大头针，钢钉不能吸起大头针。
2. 用磁铁将钢钉吸住，钢钉将能吸起一些大头针（图 9-8a）。移开磁铁之后，钢钉仍能吸住大头针（图 9-8b）。
3. 用一根软铁棒（碳的成分很少）代替钢钉，软铁棒贴在磁铁上时也能吸起一些大头针，但移开磁铁后，吸在软铁棒上的大头针将掉落下来。



a　　b

图9-8　钢钉的磁化

当磁铁靠近钢钉和软铁棒时，钢钉和软铁棒也具有了磁性。这种使原来没有磁性的物体得到磁性的过程称为磁化（magnetization）。

在实验中发现，当拿开磁铁后，钢钉获得的磁性能够继续保持，而软铁棒获得的磁性立刻消失了。钢被磁化后能够将磁性保持很长时间，所以钢可用来制造人造永磁体。

磁化有多种方法，如用磁体在钢钉上沿同一方向摩擦多次，钢钉也能够被磁化（图 9-9）。

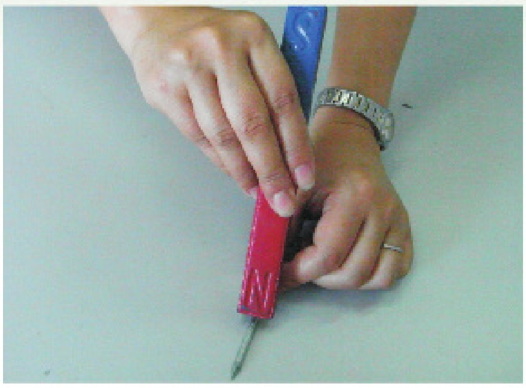


图9-9　另一种磁化方法

活动 5

1. 取一枚经磁化而具有磁性的钢针，用它吸起小铁屑。
2. 如图 9-10，将钢针放在本生灯的火焰中加热一段时间，冷却之后，发现钢针已无法吸起小铁屑。

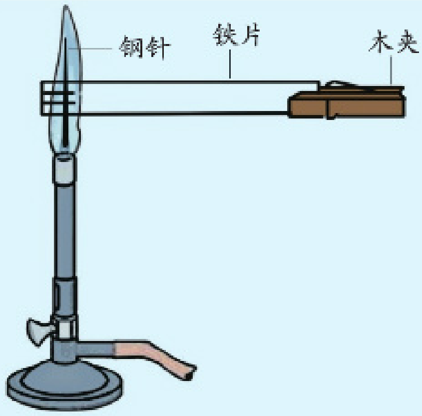


图9-10　加热去磁

与磁化相反，使原来具有磁性的物体失去磁性的过程称为去磁（demagnetization）。高温加热、强烈的撞击（如重重地摔或敲打磁体）等做法，都会使磁体失去磁性。

9.1.4　磁体的应用

磁体由于其特殊的性质，在生活和生产中有着广泛的应用。

试想：是黑板具有磁性，还是贴在黑板上的物品具有磁性？

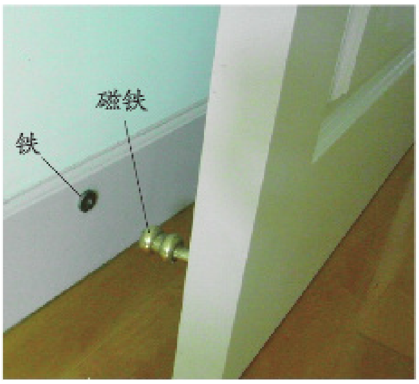


图9-11　磁性门碰



图9-12　磁性黑板

居住在高楼的人都会为擦洗窗户玻璃的外表面而苦恼。通常的擦拭方法既费劲又危险，而且一不小心就会将擦洗工具掉到楼下。为了解决这一问题，人们发明了一种磁力擦窗器（图 9–13）。使用时,将装有铁板的擦拭布放在玻璃的外侧，同时将装有强磁铁的擦拭布放在玻璃的内侧，通过移动磁铁来带动铁板同步运动，达到清洁窗户玻璃内外表面的目的。



图9–13　磁力擦窗器

我们平时所看到的开关都是手控开关。你知道一种叫做干簧管的磁控开关吗？干簧管的结构如图 9–14 所示：玻璃管内有两片靠得很近的铁质弹簧片，当磁体靠近时，两片弹簧片因被磁化而获得磁性，相互靠近的两端因产生异名磁极而吸合在一起，从而使电路导通。当磁体离开后，由于弹簧片的弹性，触点即恢复原状脱离接触使电路断开。干簧管在水位控制、门窗防盗报警、汽车安全气囊、手机、照相机等设备上有着十分广泛的应用。

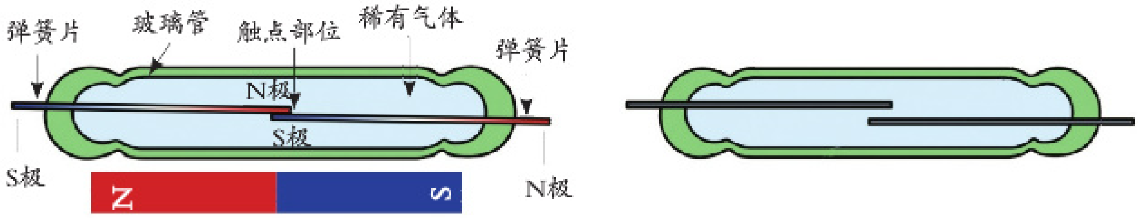


图9–14　干簧管的结构和工作原理图

想一想

1. 有一种带有磁性的螺丝刀（图 9–15），它可以将螺丝吸在刀头上。你认为跟普通的螺丝刀相比，这种螺丝刀有哪些优点？
2. 磁体在生活中还有哪些应用？请列举几例。

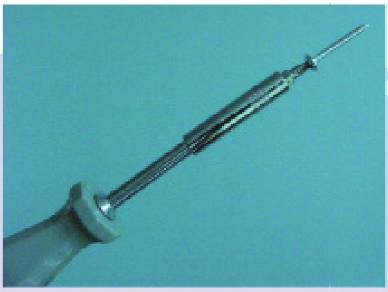


图9–15　磁性螺丝刀

小档案

磁性画板

你小时候是否玩过磁性画板（图 9-16）？磁性画板是儿童学习写字和画画的玩具，用一支特制的“笔”可以方便地在屏幕上写字和画画，滑动画板底部的滑动器，可以方便地把字画擦掉。磁性画板为什么如此神奇？

原来，在磁性画板中，有两层塑料板，其间夹着蜂窝状的孔，孔内装着黑色的铁粉和白色黏稠的液体，底面是一个磁条。当移动滑动器时，磁条扫过底面，铁粉全部被吸到底部，上面显示白色。当用具有磁性的笔在屏幕上滑动时，所经之处的铁粉被吸上，从而显示黑色。



图9-16　磁性画板

9.2　磁场和磁场线

当一个磁铁靠近一枚回形针时，回形针就会被吸引到磁体上。磁体并没有接触到回形针，它是通过什么对回形针产生力的作用呢？

9.2.1　磁　场

原来，任一磁体都会在其周围激发一个磁场（magnetic field），磁体就是通过磁场对周围的铁质材料或其他磁体产生磁力作用的。我们虽然看不见磁场，但通过磁体周围铁质材料或其他磁体的受力，可以感受到磁场的存在。

磁体周围的磁场是否具有方向呢？

活动 6

1. 在条形磁铁周围的某一个位置放一枚小磁针。改变小磁针的指向，待小磁针静止后，观察并记住小磁针的指向。
2. 再次改变小磁针的指向，待小磁针静止后，可观察到小磁针仍指原来的方向。
3. 在条形磁铁周围的不同位置放小磁针，如图 9-17 所示，这些小磁针静止后的指向并不相同。

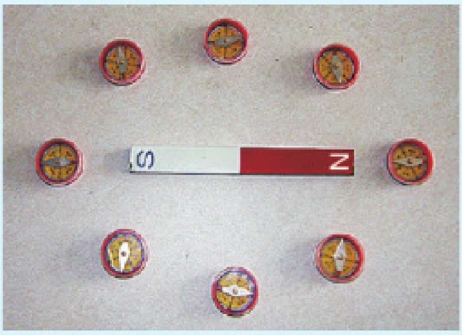


图9-17　研究磁场的方向

磁场是有方向的。科学上把小磁针静止时北极所指的方向规定为其所在位置的磁场方向。

9.2.2　磁 场 线

活动 7

在玻璃板上均匀撒上细铁屑，然后把它分别放在条形磁体和蹄形磁体上。轻敲玻璃板，观察细铁屑的分布情况（图 9-18 和图 9-19）。

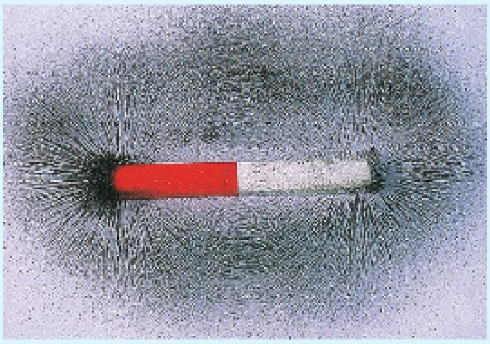


图9-18　条形磁铁周围铁屑的排列

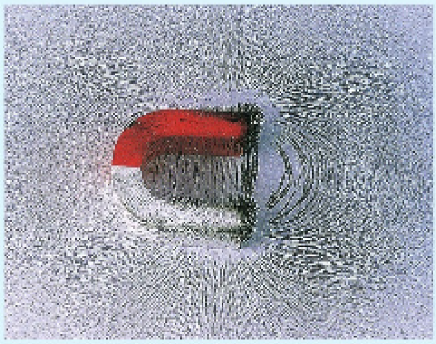


图9-19　蹄形磁铁周围铁屑的排列

上述实验中，细铁屑在磁场中被磁化，成了大量细小的磁针，所以磁体周围细铁屑的排列可以形象地显示出各个位置的磁场分布。

为了形象地描述磁体周围的磁场分布，英国物理学家法拉第引入了磁场线（magnetic induction line）模型。磁场线是仿照铁屑的排列情况，画出的一些带箭头的曲线。图 9-20 和图 9-21 所示的是条形磁铁和蹄形磁铁周围的磁场线。

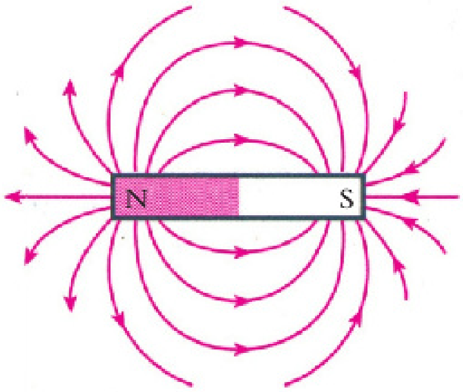


图9-20　条形磁铁周围的磁场线

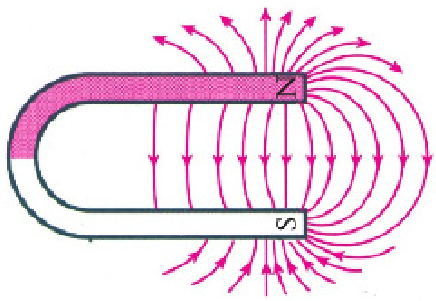


图9-21　蹄形磁铁周围的磁场线

磁场线上的箭头表示的方向即为磁场的方向。磁体周围的磁场线总是从磁体的北极出来，回到磁体的南极。

研究表明，如果把小磁针放在磁场中不同的位置，其磁极受到的磁力大小并不相同。这表明磁场不但有方向，而且有强弱。

读 图

比较图 9-18 和图 9-20、图 9-19 和图 9-21，推测磁铁周围磁场的强弱与磁场线疏密的关系。

磁场线不但可以描述磁场的方向，而且也可以描述磁场的强弱。磁场线密的地方磁场强，疏的地方磁场弱。

9.3　地磁场和指南针

我们已经知道，磁体具有指南北性。为什么磁体具有这种性质呢？

9.3.1　地 磁 场

关于磁体为什么会指南北的问题，在历史上曾经引起许多科学家的关注。16 世纪末，英国医生威廉·吉尔伯特（William Gilbert，1544–1603）做了如下的推断：小磁针放在磁体的周围时有确定的指向，是小磁针和磁体相互作用的结果。磁体放在地球附近时也有确定的指向，表明地球也是一个磁体，是该磁体与地球这个磁体相互作用的结果。

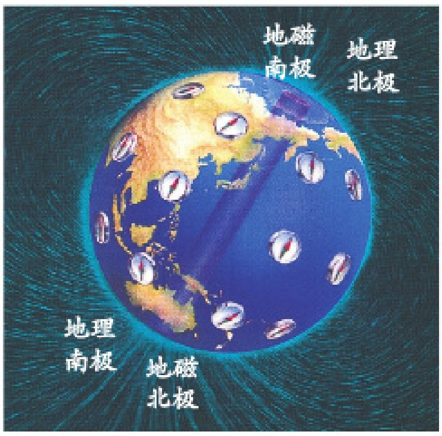


图9–22　地球的磁场

虽然吉尔伯特的观点当时受到一些人的嘲笑，但事实证明他是正确的。地球确实是一个巨大的磁体（图 9–22）。地磁的北极在地理南极附近，而地磁的南极在地理北极附近。地球产生的磁场称为地磁场（geomagnetic field）。

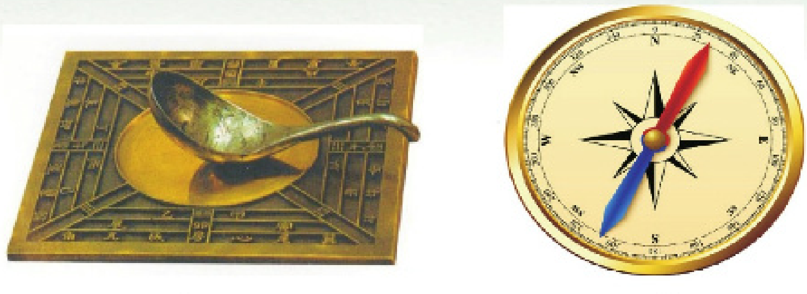
小档案

地磁场的起源：尚未解开的科学之谜

当科学家确认地磁场的存在之后，人们继续追问：地磁场是怎么产生的呢？针对这一问题，科学家们提出了一些不同的假说，如有的假说认为地磁场是由地核中熔化了的金属（铁和镍）进行环流而产生的，有的假说认为地磁场跟地幔间的负电层随地球的自转而旋转有关。但这些观点目前尚无定论，关于地磁的起源仍是一个科学之谜。

9.3.2　指 南 针

根据磁体的指南北性，早在两千多年前，古代中国人就发明了司南（图 9–23a），用于辨认方向。司南是现在人们所用的指南针（图 9–23b）的始祖。



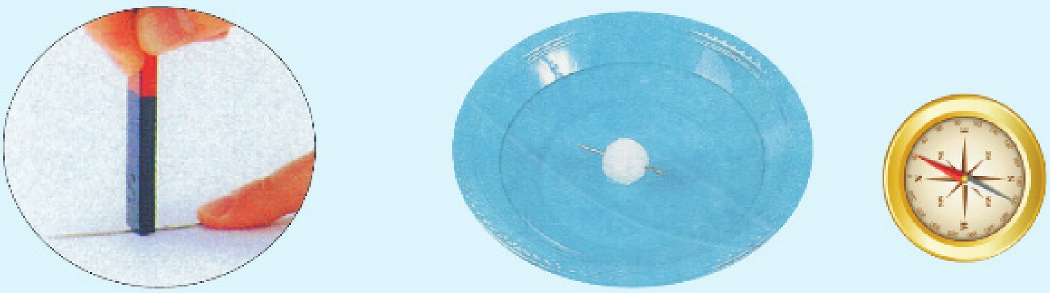
a　　　　b

图9-23　司南和指南针

图中指南针的红色的一极代表N极，但不同的指南针，其磁极的颜色并非都相同。

活动 8

1．按图 9-24a 所示的方式，用磁铁在一枚钢针上沿同一方向摩擦 20 次，然后把这枚钢针穿过一个泡沫球或者用胶带固定在一个软木塞上。
2．在一盆水中滴入一滴洗碗液，把泡沫球或软木塞放在水面上。调整钢针的位置，使钢针在水面上能处于水平状态（图 9-24b）。
3．钢针静止后，比较钢针的指向和指南针的指向（图 9-24c）。



a　　　　b　　　　c

图9-24　制作指南针

使用指南针可以方便地辨认方向，其方法如下：

1．将指南针水平放在自己的正前方。
2．旋转指南针，使其N极正对指南针表盘上的“北”（或“N”）处，其表盘正前方标示的方向就是自己面对的方向。

使用指南针时，应尽量远离车辆、照相机、大的金属体（如汽车、飞机、铁丝网等），以及磁性物质和强电流。

活动 9

在桌面上铺一张白纸，在纸上画一个带箭头的线段（图 9-25），利用指南针判定箭头所指的方向。

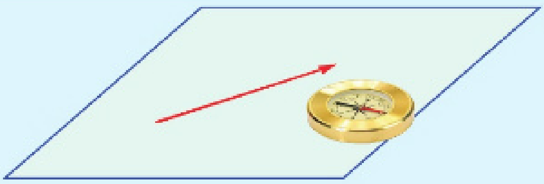


图9-25　利用指南针判定方向

小档案

生物体与磁场

许多动物具有识别地磁场的能力。白蚁、蜜蜂、鸽子、鲸、海龟、海豚等动物体内都含有磁性物质，它们好像给这些动物装上了一种内在的指南针一样，来帮助它们认路。例如，研究发现鸽子的头颅里有铁磁细粒（磁性细胞），正是这些磁性细胞起到了“指南针”的导航作用。有人做过实验，将一块小磁体绑在鸽子的翼下，发现鸽子会迷失方向。人们还观察到在无线电发射台附近，鸽子同样辨不清方向。人们也在海豚体内找到磁性物质——微小的磁铁石，在蜜蜂的腹腔里也发现了磁铁颗粒。



图9–26　鸽子

外界的“磁环境”对生物的生命活动有一定的影响。磁场能促进动物生长，延长寿命，并影响植物的生长发育、气体的交换和吸收矿物质的能力，以及影响细胞中物质（如细胞质）的运动。例如，在地磁异常地区秋播小麦的产量比正常地区低，强磁场中蝌蚪变蛙的时间会延长几天等。

本章提要

1. 物体具有的吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性，具有磁性的物体称为磁体。
2. 磁体上磁性最强的部位称为磁极，每个磁体都有两个磁极：N 极和 S 极。磁体之间相互作用的规律是：同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引。
3. 使原来没有磁性的物体得到磁性的过程称为磁化。软铁块磁化后不能保持磁性，钢磁化后能够长时间保持磁性。使原来具有磁性的物体失去磁性的过程称为去磁。高温加热、强烈撞击等做法，都会使磁体失去磁性。
4. 任一磁体都会在其周围激发一个磁场，磁体通过磁场对周围的铁质材料或其他磁体产生力的作用。科学上把位于磁场中的小磁针静止时其北极所指的方向，规定为所在位置的磁场方向。
5. 磁场的方向和强弱可以用磁场线直观地描述。磁场线密的地方磁场强，疏的地方磁场弱。
6. 地球是一个巨大的磁体，地磁的北极在地理南极附近，地磁的南极在地理北极附近。地球产生的磁场称为地磁场。

练 习 题

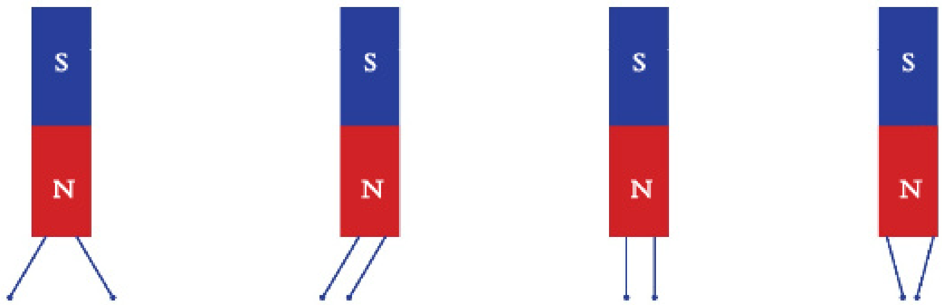
一、选择题

1. 判断 a、b 两根钢条是否具有磁性时，可将它们的一端靠近小磁针的 N 极或 S 极。当钢条 a 靠近小磁针的某一端时，小磁针的这一端会自动远离；当钢条 b 靠近小磁针的某一端时，小磁针的这一端会自动接近。由此可以肯定的是（　　）。

   A．两根钢条均有磁性　　B．两根钢条均无磁性

   C．钢条 a 有磁性　　D．钢条 b 有磁性

2. 有两枚大头针针尖的一端吸在如图 9-27 所示的条形磁铁的 N 极上，则这两枚大头针静止时的大致位置可能是（　　）。



A．　　B．　　C．　　D．

图9-27

3. 如图 9-28 所示的两条曲线是两条磁场线，若将一枚小磁针放在 *A* 处，小磁针的 S 极将指向图中所示的哪个方向？（　　）

   A．*a* 方向

   B．*b* 方向

   C．*c* 方向

   D．*d* 方向

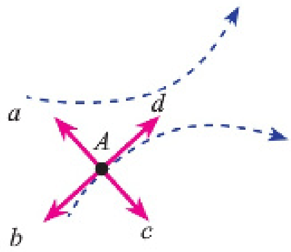


图9-28

二、简答题

1. 学习磁场知识后，某同学在一个圆纸盒里放了一个条形磁铁，盒外放了一些小磁针，磁针 N 极（箭头表示）的指向如图 9-29 所示。请你画出圆纸盒里磁铁的合理位置并标出它的 N 极和 S 极。

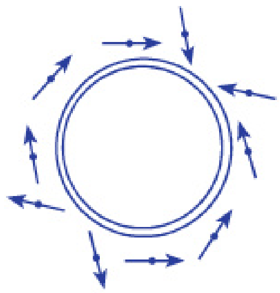


图9-29

2. 有两根外形完全相同的钢棒，一根有磁性，一根没有磁性。如果没有任何其他用具，怎样才能知道哪一根有磁性，哪一根没有磁性？请借助画图说明判断方法。

3. 在图 9-30 中，根据磁体周围磁场线的方向，标出磁体的 N 极和 S 极。

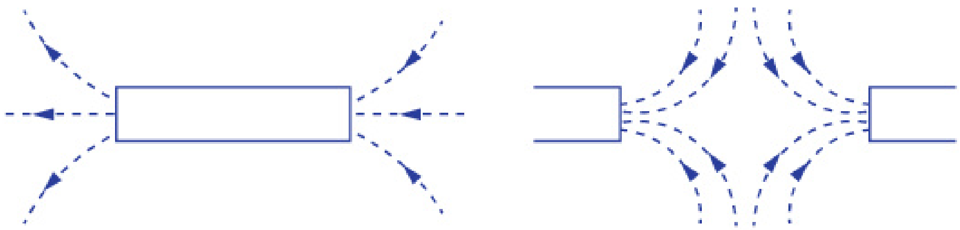


图9-30

4. 某同学用指南针判断方向，当指南针水平放置时，其表盘上的“N”指向目标，指南针的指针指向如图 9-31 所示（其中标红色的为指南针的 N 极），则其目标是在哪个方向？

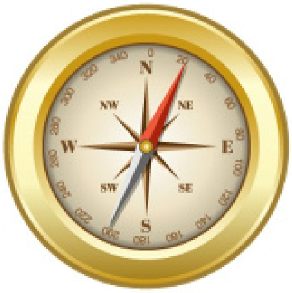
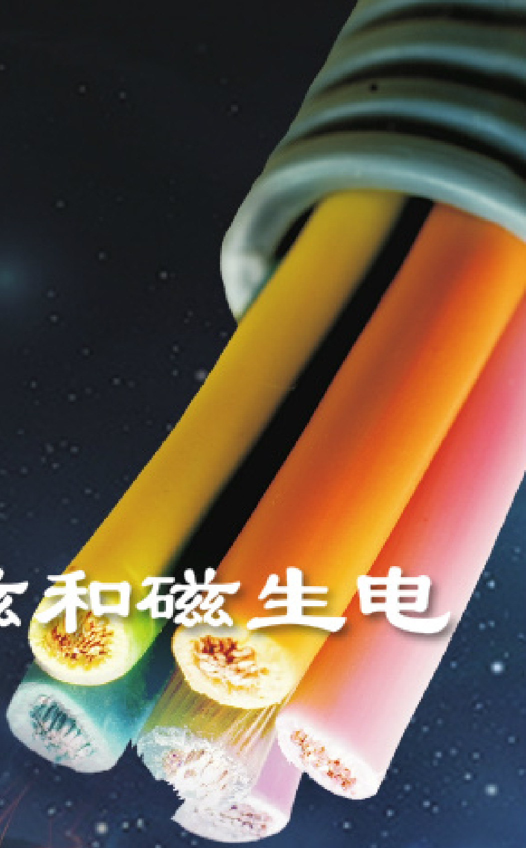


图9-31

第四单元

人类对电和磁的利用



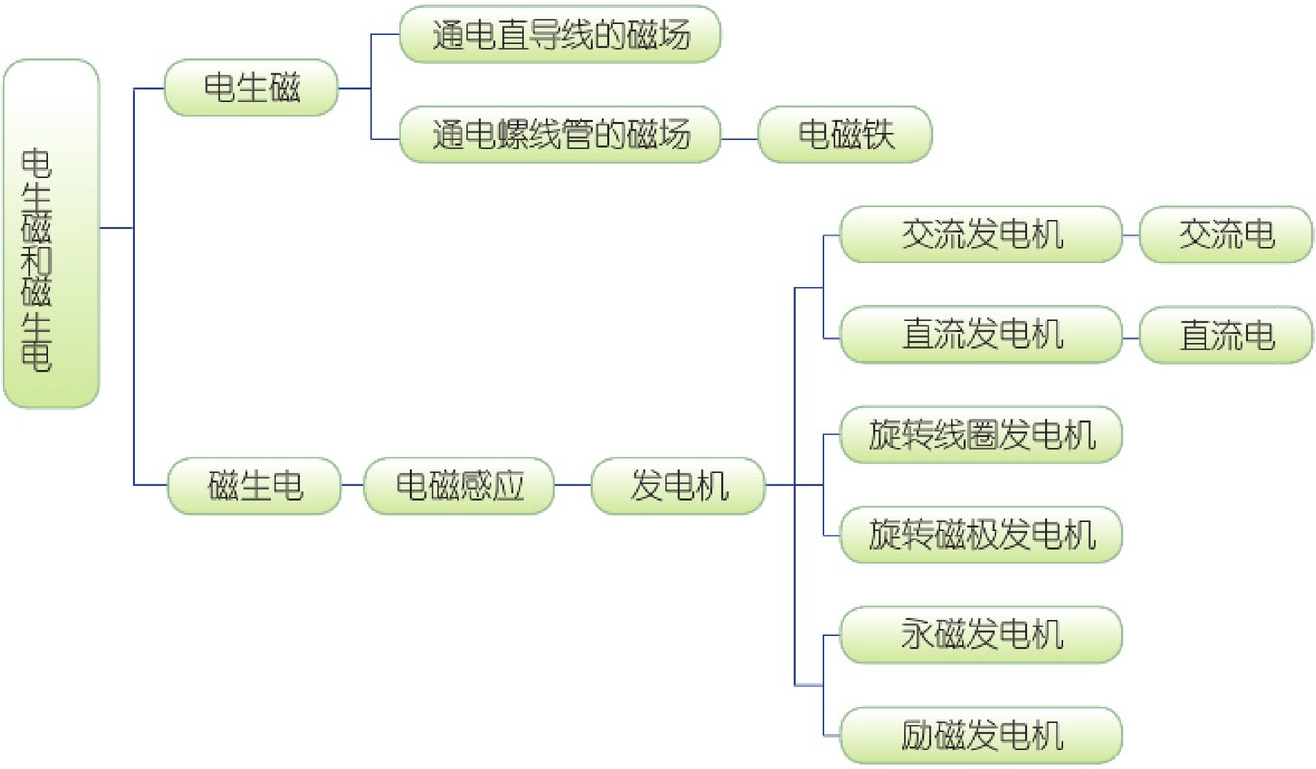
第10章 电生磁和磁生电

学习目标

1. 知道电流的磁效应。
2. 知道通电直导线和通电螺线管周围的磁场。
3. 知道电磁铁及其应用。
4. 知道电磁感应现象及其应用。
5. 知道交流发电机和直流发电机的工作原理。
6. 知道交流电和直流电的差别。
7. 知道发电机的类型。



本章概念图


电生磁和磁生电
电生磁
通电直导线的磁场
通电螺线管的磁场
电磁铁
磁生电
电磁感应
发电机
交流发电机
交流电
直流发电机
直流电
旋转线圈发电机
旋转磁极发电机
永磁发电机
励磁发电机

10.1 电流的磁效应

18 世纪，有一位英国商人在生活中意外地发现了一个有趣的现象：在轰鸣的雷电之后，他的一箱新刀叉竟然有了磁性。这究竟是怎么回事呢？难道电和磁之间存在着某种内在的联系吗？

10.1.1 通电直导线的磁场

关于电和磁，人们最初认为，电是电，磁是磁，两者并不相关，丹麦物理学家奥斯特（Hans Christian Oersted，1777-1851）则坚信电和磁之间一定存在着内在的联系。1820 年 4 月的一天，奥斯特做电磁学讲座时发现，当通电导线靠近小磁针时，磁针发生了偏转。此后，奥斯特用不同的材料做导线进行重复实验，都发现相同的现象。奥斯特的实验使他成为第一个发现电与磁之间存在联系的科学家。



图10-1 奥斯特在做实验

活动 1

如图 10-2 所示，在桌面上平放一枚小磁针，在磁针的上方有一条直导线，直导线与磁针平行。当直导线接通电池时，磁针将发生偏转。当直导线与电池断开时，磁针将回到原来的位置。

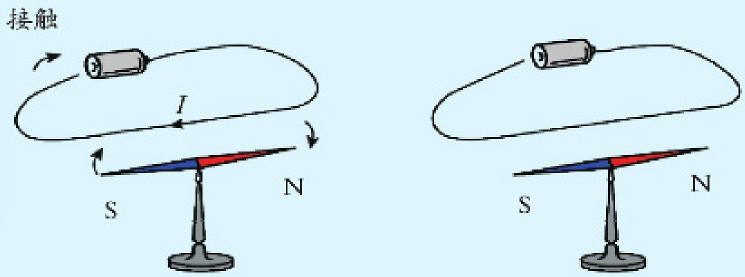


图10-2 探究通电直导线周围的磁场

上述实验表明，通电直导线的周围有磁场。这种现象称为电流的磁效应。

活动 2

如图 10-3 所示，一张有机玻璃上钻有一小孔，将一束直导线垂直穿过小孔，在玻璃板上均匀地撒上铁屑。给直导线通电后，轻敲玻璃板，观察铁屑的分布情况。

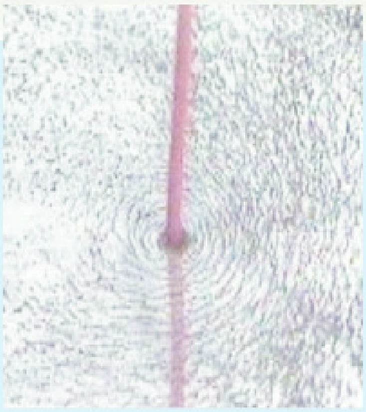


图10-3　通电直导线的磁场分布

上述实验表明，通电直导线磁场的磁场线是一个个以直导线为圆心的同心圆，任意一点磁场的方向都与导线垂直。

进一步的实验可得，当改变通电直导线中电流的方向后，磁场的方向随之改变。我们可以用图 10-4a、b 的磁场线描述通电直导线的磁场，以及磁场方向与电流方向的关系。

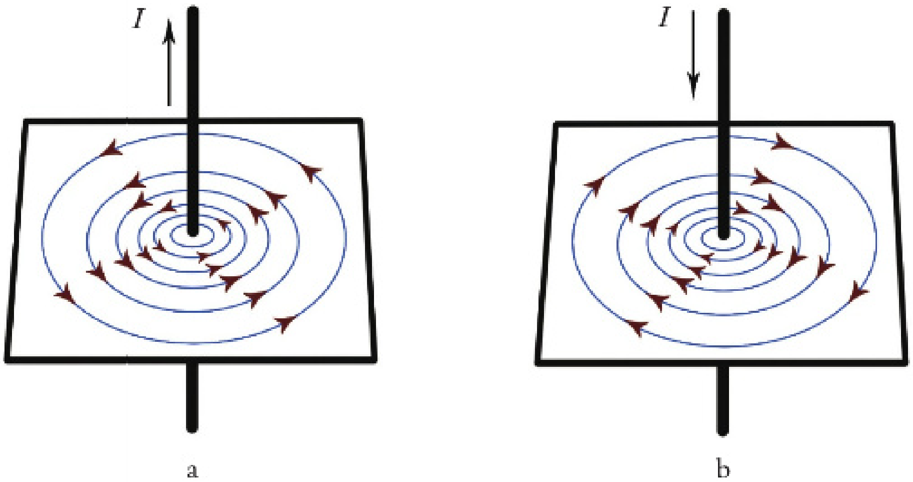


图10-4　通电直导线的磁场线

10.1.2　通电螺线管的磁场

通电导线在其周围会产生磁场，那么将导线一圈圈绕起来，做成螺线管（solenoid，也称线圈，coil），如图 10-5 所示，它通电后会在周围产生磁场吗？

活动 3

1. 将螺线管通电后靠近大头针，螺线管将吸起一些大头针。
2. 在螺线管中插入一根铁棒，通电后再靠近大头针，螺线管吸起的大头针明显增多。

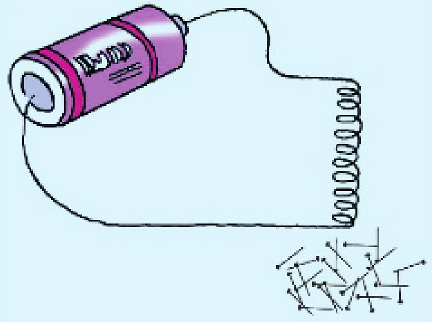


图10-5　通电螺线管

实验表明，通电螺线管的周围存在着磁场。在螺线管的内部插入铁芯之后，周围的磁场将明显增强。

想一想

为什么通电螺线管内插入铁芯后，周围的磁场会大大增强呢？

通电螺线管周围的磁场是怎样分布的呢？

活动 4

1. 在穿过螺线管的有机玻璃板上均匀地撒上铁屑。通电后轻敲玻璃板，如图 10-6，观察铁屑的分布状况。判断通电螺线管周围的磁场跟哪种磁铁的磁场相似。
2. 在通电螺线管的两端各放一枚小磁针，观察小磁针 N、S 极的指向。改变电流的方向，观察小磁针 N、S 极的指向有什么变化。

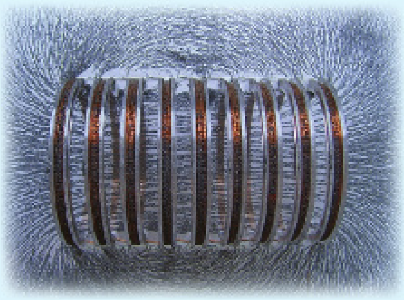


图10-6　通电螺线管的磁场

实验表明，通电螺线管周围的磁场与条形磁体的磁场很相似。改变电流的方向，螺线管的磁极也会发生改变。我们可以用图 10-7 的磁场线描述通电螺线管周围磁场的分布及磁场方向与电流方向的关系。

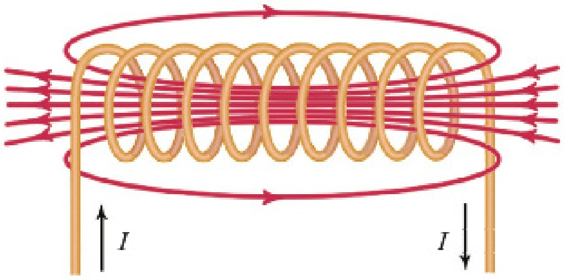


图10-7　通电螺线管的磁场线

10.1.3　影响电磁铁磁性强弱的因素

内部插有铁芯的通电螺线管称为电磁铁（electromagnet）。电磁铁磁性的强弱跟哪些因素有关呢？

活动 5

针对电磁铁的磁性强弱跟哪些因素有关的问题，我们可作出如下猜想：

A．可能跟线圈的匝数有关，匝数越多，磁性越强。

B．可能跟电流的大小有关，电流越大，磁性越强。

利用以下实验，可以对上述猜想进行检验：

1．取两枚相同的大铁钉，在一枚铁钉上用漆包线绕 50 匝，另一枚上绕 100 匝（铁钉上要垫纸，以免碰破漆皮）。这就做成了匝数不同的两个电磁铁。

2．电磁铁磁性强弱的判断方法是：________________________________。

3．检验电磁铁的磁性与线圈匝数的关系。

（1）固定性变数是________________；操纵性变数是________________。

（2）将绕50匝漆包线的电磁铁与电源、开关、滑动变阻器、安培计串联在一起。移动变阻器的滑动头到合适的位置，记下安培计的读数。用电磁铁吸回形针（图10-8），看能够吸起多少枚回形针。

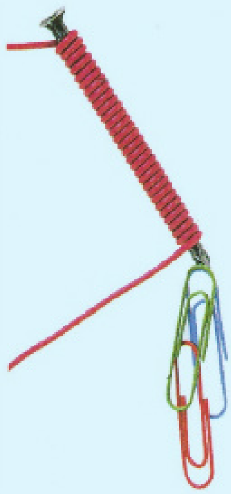


图10-8　用电磁铁吸引回形针

（3）改将绕100匝漆包线的电磁铁与电源、开关、滑动变阻器、安培计串联在一起。移动变阻器的滑动头，使安培计的读数与原来相同。用电磁铁吸回形针，看能够吸起多少枚回形针。将有关数据记录在表10−1中。

表10−1

实验次数	电流 I =__________A	
	线圈匝数（匝）	吸起的回形针数（枚）
1		
2		

4. 检验电磁铁的磁性与电流大小的关系。

（1）固定性变数是__________；操纵性变数是__________。

（2）将绕100匝漆包线的电磁铁与电源、开关、滑动变阻器、安培计串联在一起。移动变阻器的滑动头到合适的位置，记下安培计的读数。用电磁铁吸回形针，看能够吸起多少枚回形针。

（3）移动变阻器的滑动头，改变电路中的电流，记下安培计的读数。用电磁铁吸回形针，看能够吸起多少回形针。将有关数据记录在表10−2中。

表10−2

实验次数	线圈匝数：________匝	
	电流（A）	吸起的回形针数（枚）
1		
2		

5. 根据表 10−1 和表 10−2 中记录的数据，你能得出什么结论？

实验表明：电磁铁的磁性跟螺线管的匝数有关，还跟通过线圈的电流大小有关。匝数越多，通过线圈的电流越大，电磁铁的磁性越强。

想一想

跟一般的永久磁体相比，电磁铁具有哪些优点？

10.2 电磁铁的应用

电磁铁产生的磁场很容易控制。磁场的有或无可以用电源开关来控制，磁场的强弱可以用电流大小来调节，磁场方向的改变可以通过改变电流方向来实现。电磁铁的这些特性使它在生活和生产中有着十分广泛的应用。

10.2.1 电磁起重机

如果要把一堆钢铁从一处搬到另一处，你将如何吊装这些钢铁呢？电磁起重机能够非常方便地完成这一任务。

如图 10-9 所示是一电磁起重机，它是把电磁铁安装在吊车上，通电后电磁铁能吸起大量钢铁，移动到另一个位置后切断电流，电磁铁便放下钢铁。大型电磁起重机一次可以吊起几吨钢材。



图10-9 电磁起重机

10.2.2 信息的磁记录

你可以在电脑的硬盘上十分方便地存储文字、图片、声音等信息，你知道这些信息是通过怎样的手段记录在硬盘上的吗？

原来，硬盘对信息的记录是磁记录的一种方式，它是目前信息记录最主要的方式。磁记录广泛应用于电脑、移动电话、影像播放器、游戏机、数码摄像机等数码产品中。

硬盘主要由磁盘、读写磁头和其他配件组成。磁盘的表面均匀地涂有一层极薄的磁性颗粒，读写磁头实际上就是一块电磁铁（图 10-10）。

如图 10-11 所示，硬盘存储信息前，电子设备首先将声音、图像、数字等需要记录的信息转换成电信号。当电流通过读写磁头时，磁头就会产生相应变化的磁场。这个磁场使磁盘上磁性颗粒按照磁场的方向排列，信息就记录在磁盘中了。需要读取磁盘信息时，只要使记录的磁信息通过磁头转变成电信号，再将电信号转变成声音、图像、数字等信息，即可再现被记录的信息。

银行等机构发行的磁卡，其背面的磁条里记录着持卡人的账号等信息，使用磁卡时，磁条中的信息经由机器读出。



图10-10　硬盘磁头

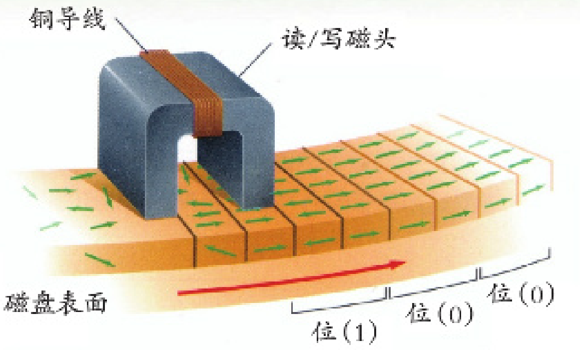


图10-11　磁盘存储信息原理示意图

小档案

磁带录音机的原理

磁带录音机(图 10-12)是用磁带记录声音信息的。普通的磁带由氧化铁粉黏合在塑料薄膜带上制成。录音机录音的原理如图 10-13 所示，录音的磁头是一个开有微小断口的U形电磁铁。



图10-12　袖珍磁带录音机

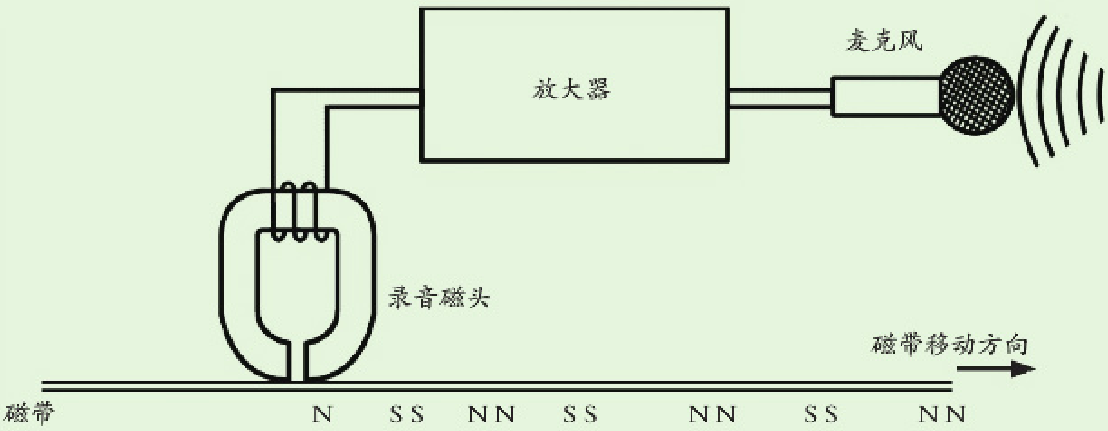


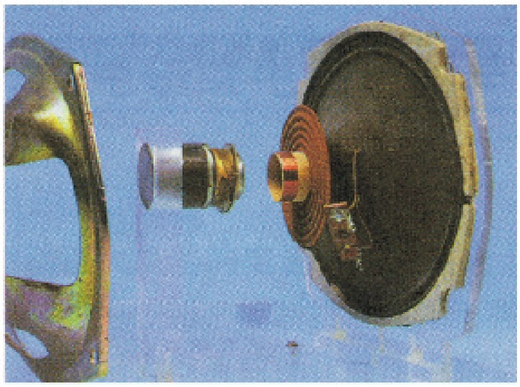
图10-13　磁带录音原理示意图

录音时，麦克风把声音的振动转换成变化的电流。电流经放大器放大，输送到录音磁头，录音磁头的断口处就产生相应变化的磁场。这个磁场把经过的磁带磁化，从而把声音的信息以磁的方式记录下来。已录音的磁带相当于无数相连的极短的小磁铁。

10.2.3 扬声器

电视机、收音机、移动电话、耳机、音箱中都有扬声器。你知道扬声器是怎样发出声音的吗?

扬声器是把电信号转换成声信号的装置。如图 10-14 所示是一种常见的扬声器的结构图，它主要由固定的永久磁体、线圈和锥形纸盆构成。当线圈中通过的电流方向发生变化时，由于线圈磁极的变化，永久磁体对线圈的磁力方向也将发生变化。磁力方向的变化将使线圈不断地来回振动，从而带动纸盆来回振动，于是扬声器就发出了声音。



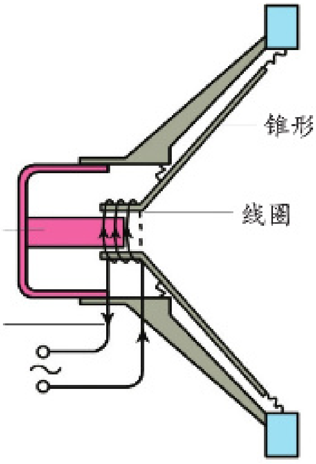


图10-14　扬声器的结构

小档案

核磁共振成像

核磁共振成像（nuclear magnetic resonance imaging，简称 NMRI）是现代医学一种先进的检测技术，它通过识别人体内水分子中氢原子核发出的信号来推测水分子在人体内的分布，进而探测人体内部的结构。

有一种超导核磁共振仪，它中间的管道存在由电磁铁产生的强大磁场。病人做核磁共振成像时，身体被送入管道，置于磁场中。当用适当的无线电波照射病人身体时，病人身体内的氢原子核受到无线电波的激发，会吸收一定的能量。当无线电波停止照射时，氢原子核会以发射无线电波的方式将吸收的能量释放出来。这些无线电信号能反映出人体组织部位是否正常，经过电脑处理即可得到人体组织形态的清晰图像。

由于核磁共振仪中的线圈需要通过极强的电流，所以线圈是用超导材料铌钛合金（临界温度为 9.5 K）或铌锡合金（临界温度为 18 K）做成的，并放置于温度为 4 K 左右的液氦中。



图10-15　核磁共振成像

10.2.4　电磁继电器

图 10-16 所示是一台大型液压机，驱动这类大型机器需要很大的电流，技工是利用控制台上的按钮来驱动机器的。开动机器时，是否会有强大的电流通过按钮下面呢？

如果有强大的电流通过按钮下面，操作人员会十分危险。事实上，技工按下的只是继电器（electric relay）电路的开关，而机器所在电路的通断则是由继电器控制的。

电磁继电器是利用电磁铁来控制工作电路的一种自动开关。使用电磁继电器可以用低电压和弱电流电路的通断，来控制高电压和强电流电路的通断。



图10-16　大型液压机



图10-17　某种电磁继电器

如图 10-18 所示，电磁继电器主要由电磁铁 A、衔铁 B、弹簧 C 和动触点 D 组成。当低压电源的开关闭合时（图 a），控制电路中有电流通过，电磁铁 A 产生磁性，吸引衔铁 B，使动触点与红灯触点分离，而与绿灯触点接通，故红灯熄灭，绿灯亮起，电动机开始工作。当低压电源的开关断开时（图 b），电磁铁 A 失去了磁性，衔铁 B 在弹簧 C 的作用下被拉起，使动触点与绿灯触点分离，而与红灯触点接通，故红灯亮起，绿灯熄灭，电动机停止工作。

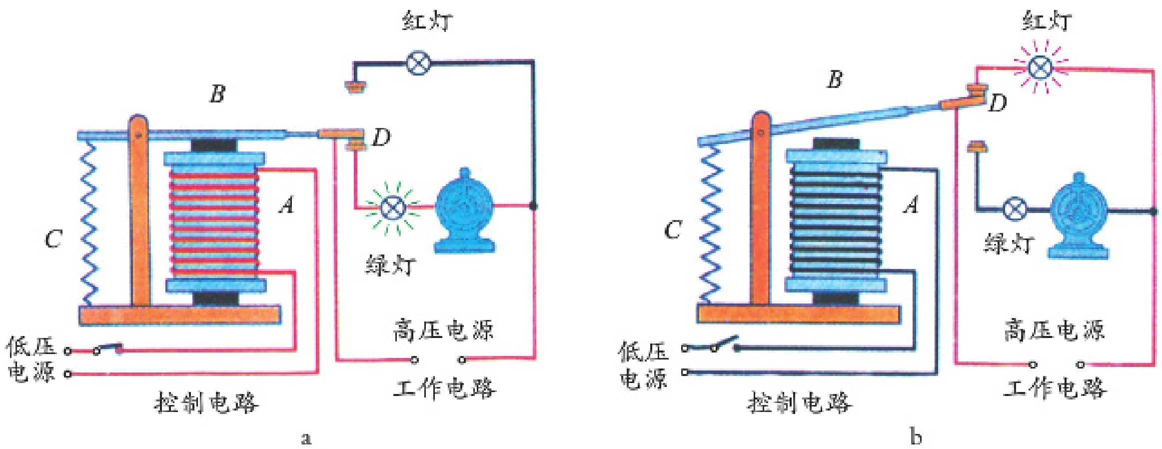


图10-18　电磁继电器对电路的控制

活动 6

1. 对照继电器的说明书，认识继电器上接线柱的位置，并思考说明书上写着的电流和电压表示什么意思。
2. 把继电器上的线圈接到电源上，组成控制电路。观察通电和断电时继电器的动作情况，判断通电时哪两个触点相连，断电时哪两个触点相连。
3. 利用另外一个电源和小灯泡组成工作电路，通过继电器来控制小灯泡的亮与灭。

想一想

图 10-19 所示为电铃的工作原理图，金属弹性片 A 与衔铁 B 相连，请根据电磁铁的工作原理，分析电铃是如何发出铃声的。

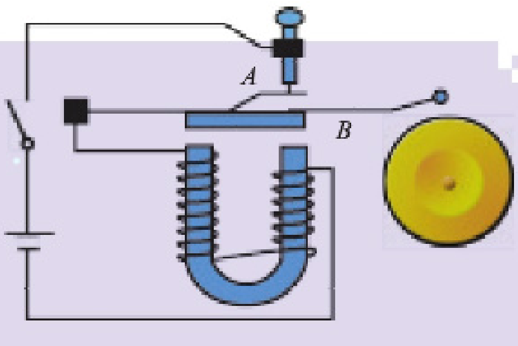


图10-19　电铃

10.3 电磁感应

教室里的电灯需要用电，家庭的洗衣机、电视机、空调、冰箱的工作都需要用电。你知道这些从电站、电厂输送过来的电是利用什么原理产生出来的吗？

奥斯特发现电流的磁效应之后，许多科学家在思考：电能生磁，磁是否也能生电呢？正是带着这样的问题，英国物理学家法拉第经过长达 10 年的艰辛探索，终于在 1831 年发现了磁生电的条件和规律，实现了利用磁场获得电流的愿望。法拉第的这个重大发现，带来了人类对电能的大规模生产和利用，开辟了电气化的新纪元。

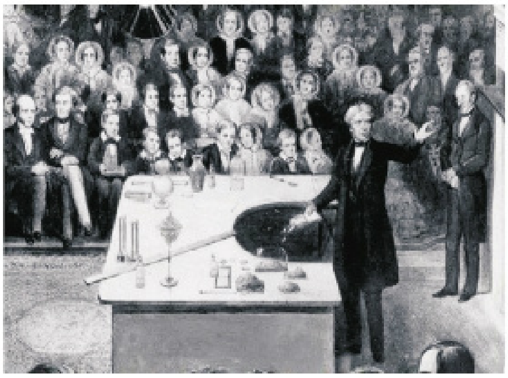


图10–20 法拉第在做科普讲座

活动 7

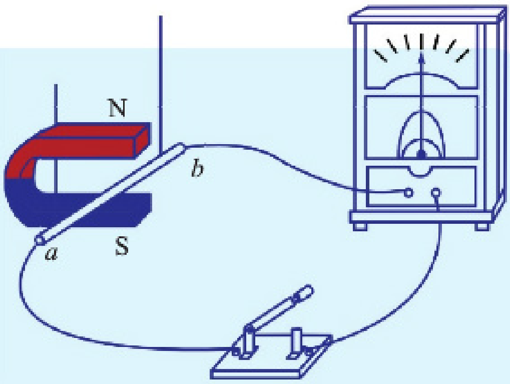
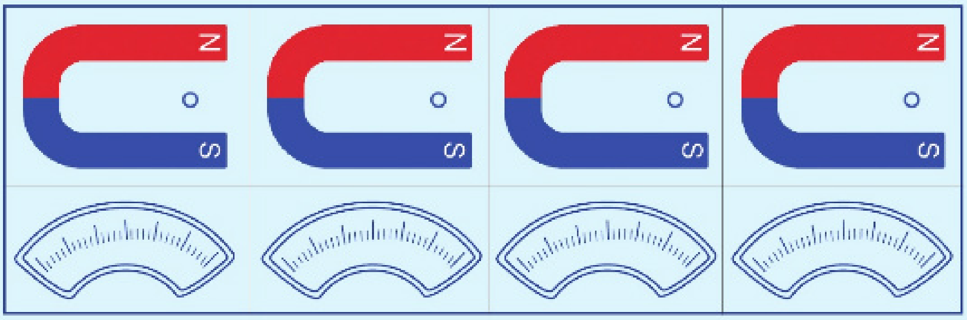


图10–21 研究电磁感应现象

1. 如图 10–21 所示，在两个磁极间悬挂一根导体 *ab*，把它的两端跟开关、安培计连接起来。
2. 保持导体 *ab* 不动，闭合开关后，安培计指针并不偏转。
3. 将导体 *ab* 在两个磁极间向上和向下运动，观察安培计指针的偏转情况。
4. 将导体 *ab* 在两个磁极间向左和向右运动，观察安培计指针的偏转情况。
5. 在表 10–3 各图中，小圆圈表示导体的横截面。请画出导体附近的磁场线，标出导体的运动方向。若安培计指针有偏转，标出指针的偏转方向。
6. 根据实验记录的信息，概括出电路中产生电流的条件是＿＿。

表10–3



大量实验表明：闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁场线的运动时，导体中就会产生电流，这种现象称为电磁感应（electromagnetic induction），产生的电流称为感应电流（induced current）。

想一想

根据活动 7 的结果判断：感应电流的方向跟什么因素有关？你认为感应电流的方向还可能跟什么因素有关？

实验表明，感应电流的方向跟导体切割磁场线运动的方向有关，还跟磁场的方向有关。改变导体的运动方向或磁场的方向，感应电流的方向会发生相应的改变。

如果电路不闭合，当导体做切割磁场线运动时，导体中不会产生感应电流，但在导体两端会有感应电压（induced voltage）。

电磁感应现象中，移动导体切割磁场线时消耗了机械能，在闭合电路中产生了电能，这就实现了机械能向电能的转化。

活动 8

把一根大约 10 m 长的软电线的两端连接到一个安培计的两个接线柱上，形成闭合电路。两个同学沿东西方向站立迅速摇动电线时，安培计指针是否发生偏转？____________。请对实验现象作出解释：________________________。

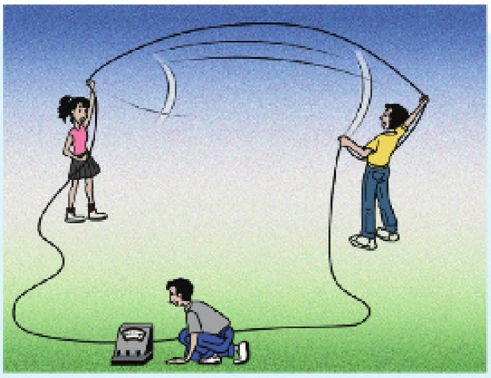


图10-22　摇动电线发电

科学家小故事

法 拉 第

法拉第（Michael Faraday，1791—1867），英国物理学家、化学家。他出生贫寒，一生几乎没有受过正规的学校教育。少年时代，他当过装订书籍的学徒，利用工余时间苦读科技书籍并创造条件做科学实验。

法拉第在科学上贡献巨大。他发现了使二氧化碳、硫化氢、溴化氢和氯气变成液体的加压液化法；发现了电磁感应定律，制造了世界上第一台发电机；提出了电与磁相互联系的观点，创立了现代电磁理论的基础；发现了电解定律，首次建立了电与化学的联系；证明了摩擦电、温差电、伽伐尼电、伏打电和感应电的本质是相同的；等等。

法拉第一心从事科学研究，淡泊名利。他拒绝了制造商们的重金聘请，并在英国皇家学院为青少年做科普讲座长达19年。1857年，英国女王准备册封法拉第为爵士，这是只有英国贵族才拥有的封号，却被法拉第拒绝。同年，英国皇家学会选举法拉第为会长，他也没有赴任。1860年，法拉第再次拒绝担任这一职务。此外，英国皇室和政府还在专为名人准备的威斯敏斯特教堂墓地牛顿墓旁，为法拉第预留了一块地方，法拉第也拒绝了。


图10-23 法拉第

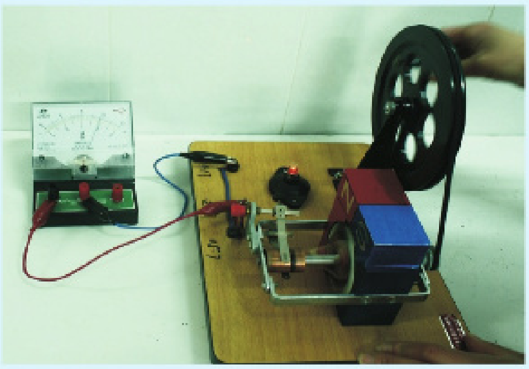
10.4 发 电 机

法拉第发现的电磁感应现象为磁生电提供了科学的依据，但如何制造出发电机从而源源不断地发出电来，以供人们的生活和生产之用呢？

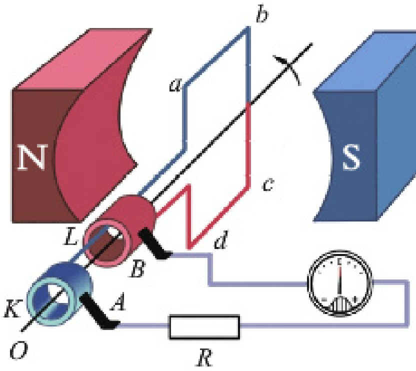
10.4.1 发电机的工作原理

活 动 9

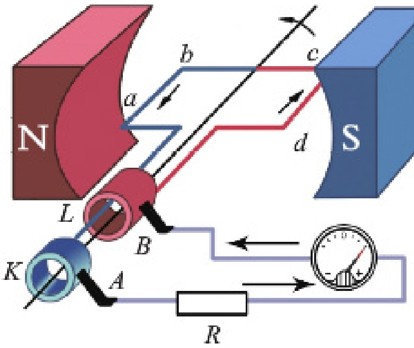
1. 观察手摇发电机，分析它的主要构造。
2. 如图10-24所示，把手摇发电机与小灯泡、安培计连接起来。转动手摇发电机的线圈，可以看到小灯泡会发光，安培计的指针会向左、右偏转。


图10-24 手摇发电机发电

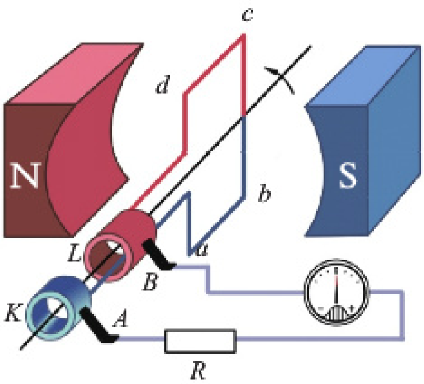
发电机（alternator）的基本结构和工作原理如图 10-25 所示，它由磁体和线圈组成，线圈的两个端线上有两个圆环（*K*、*L*）和电刷（*A*、*B*）与外部电路连接。当线圈转动时，线圈的 *ab* 与 *cd* 边因切割磁场线运动而产生出感应电流。线圈在不同位置时各边的运动及产生感应电流的情况如图 10-25 a、b、c、d 所示。



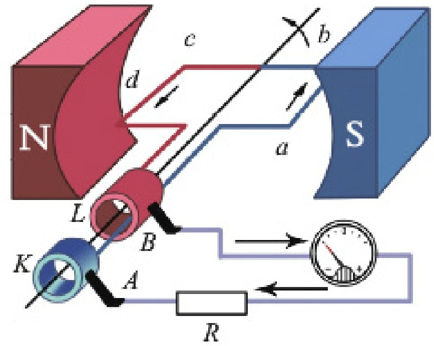
a　*ab*和*cd*边的运动方向与磁场方向平行（不切割磁场线），线圈中没有电流。



b　*ab*和*cd*边的运动方向与磁场方向垂直（切割磁场线），线圈中有电流，外部电流方向从电刷*A*到电刷*B*。



c　*ab*和*cd*边的运动方向与图a相反，与磁场方向平行（不切割磁场线），线圈中没有电流。



d　*ab*和*cd*边的运动方向与图b相反，与磁场方向垂直（切割磁场线），线圈中有电流，外部电流方向从电刷*B*到电刷*A*。

图10-25　交流发电机的工作原理

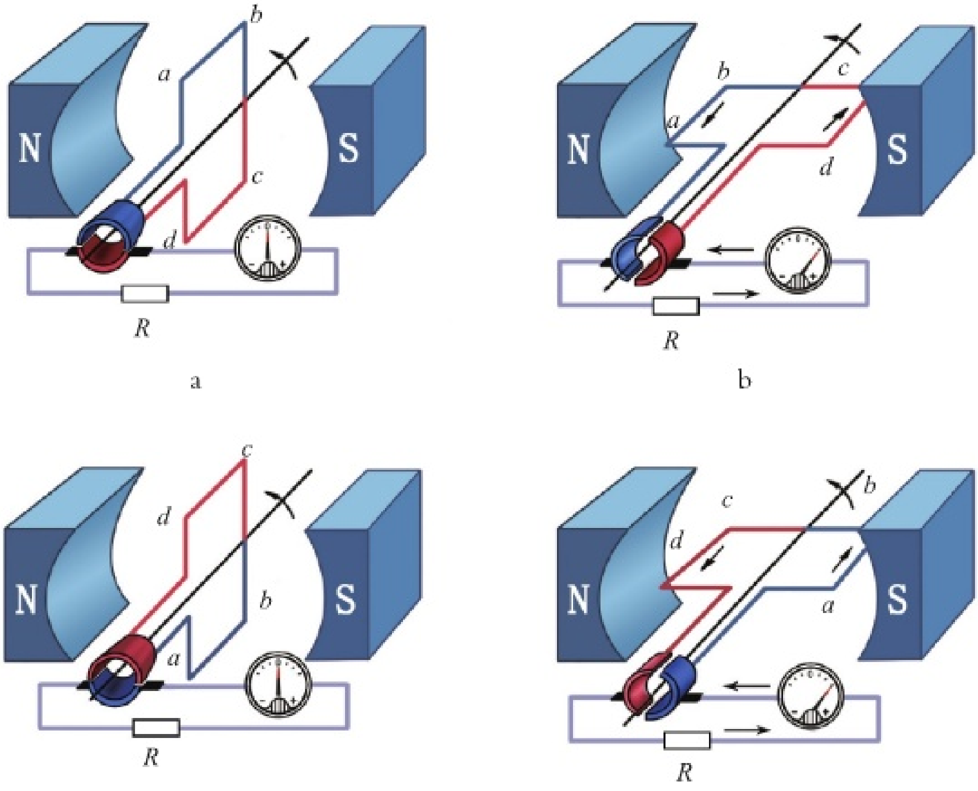
10.4.2　交流电和直流电

在上述实验和分析中可以看到，当发电机产生的电流通过安培计时，安培计的指针会向左、右两个方向偏转，这表明发电机产生的电流方向发生了变化。线圈转动一周，电流的方向改变了 2 次。这种方向发生周期性变化的电流称为交流电（alternating current）。产生交流电的发电机叫做交流发电机。

交流电 1 s 内重复的完整变化过程数称为交流电的频率，单位为赫兹，符号为 Hz。不同国家民用交流电的频率并不相同，我国民用交流电的频率为 50 Hz。由于电流在每一次完整的变化过程中方向改变了 2 次，所以，我国民用交流电在 1 s 内方向改变了 100 次。

交流电与由电池产生的电流是不同的，后者的电流方向是不变的，称直流电（direct current）。像手电筒等电器里电池提供的电就是直流电。

产生直流电的发电机称为直流发电机，如果将图 10-25 的交流发电机的两个圆环换成两个半圆形的换向器（图 10-26），虽然线圈内产生的仍是交流电，但向外输出的却是直流电。



a　　b

c　　d

图10-26　直流发电机的工作原理

家庭电器大多数都是交流电器，只有少数小型电器使用直流电。直流电源有正负极。直流电器上与电源连接处通常都标有“+”、“-”，使用时应分别与电源的正、负极相连。

想一想

你家里哪些电器使用的是交流电，哪些电器使用的是直流电？

10.4.3　不同类型的发电机

按不同的标准，发电机可分为不同的类型。例如，前面讲的交流发电机和直流发电机，就是按发出的电流方向是否改变来划分的。

在发电机中，机壳内固定的部分称为定子，转动的部分称为转子。按转子是磁极还是线圈，发电机还可分为旋转线圈发电机和旋转磁极发电机。上述介绍的交流发电机和直流发电机都是旋转线圈发电机。大型发电机要产生很高的电压和很强的电流，所采用的都是线圈不动而磁极转动的方式，属于旋转磁极发电机。

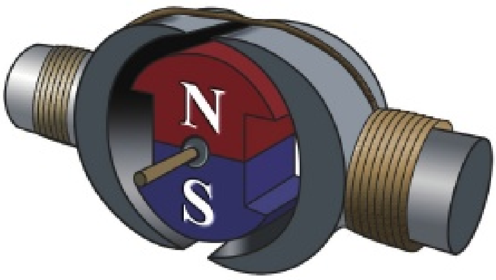


图10-27　旋转磁极发电机模型



图10-28　绕满线圈的发电机定子

按发电机中磁场来源的不同，又可把它分为永磁发电机和励磁发电机。永磁发电机的磁场来自永久磁铁，而励磁发电机的磁场则来自通电的线圈。

10.5　电磁感应现象的广泛应用

电磁感应现象不但在发电机中得到重要的应用，而且在许多生活和生产器具中也得到十分广泛的应用。

10.5.1　动圈式麦克风

你使用过麦克风讲话或唱歌吗？麦克风的种类很多，如图 10-29 所示的是动圈式麦克风的结构示意图，其结构与扬声器类似。在动圈式麦克风中，有一个与线圈连在一起的膜片，该线圈可在磁场中自由移动。声波使膜片振动，致使线圈在磁场中运动，从而在线圈中产生出感应电流。这个感应电流的方向和大小随膜片的振动而变化。通过这种方式，声波便转化成了电信号。这样产生的电流很小，但可用电子器件将它增强放大。

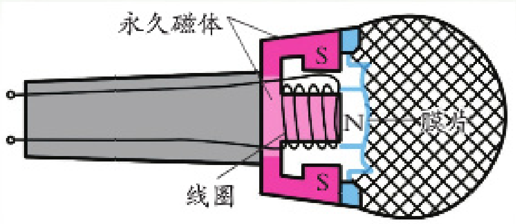


图10-29 动圈式麦克风

10.5.2 电 吉 他

电吉他的发音是通过电磁拾音装置（拾音器）连接扬声器来实现的。拾音器的基本结构如图 10-31 所示，由铜线在磁铁上绕成线圈，线圈连接到放大器。磁铁产生的磁场使吉他弦线磁化，弦线反过来会产生自己的磁场。当弦线被拨动而产生振动时，相当于线圈在切割弦线的磁场线，从而在线圈中产生感应电流。此感应电流的频率与弦线振动的频率相同，感应电流通过放大器放大后传到扬声器，由扬声器发出声音。

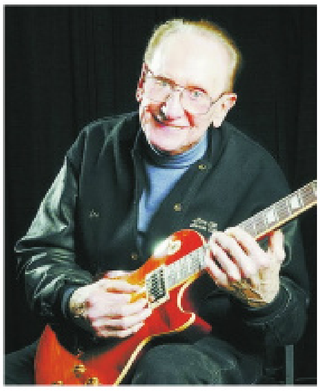


图10-30 电吉他之父莱斯·保罗

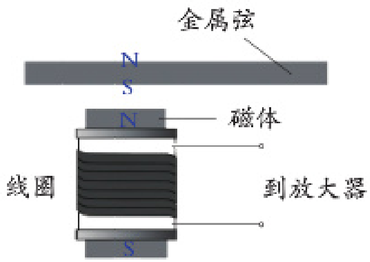


图10-31 拾音器的基本结构

10.5.3 自动石英手表

一般的石英手表需要用电池供电，但自动石英手表则不需要电池，它是靠戴表者手臂的摆动来带动内部的微型发电机转动，从而产生电流为手表提供运转所需的能量的。它的原理是：人在行走时手臂前后摆动，带动手腕上的手表及表内的旋转板转动。通过齿轮传动，使磁性转子高速转动。固定在转子附近的线圈就会产生感应电流，从而为表内的石英装置供电，多余的电能会被储存起来备用。储足电能后，手表可持续工作数十天。

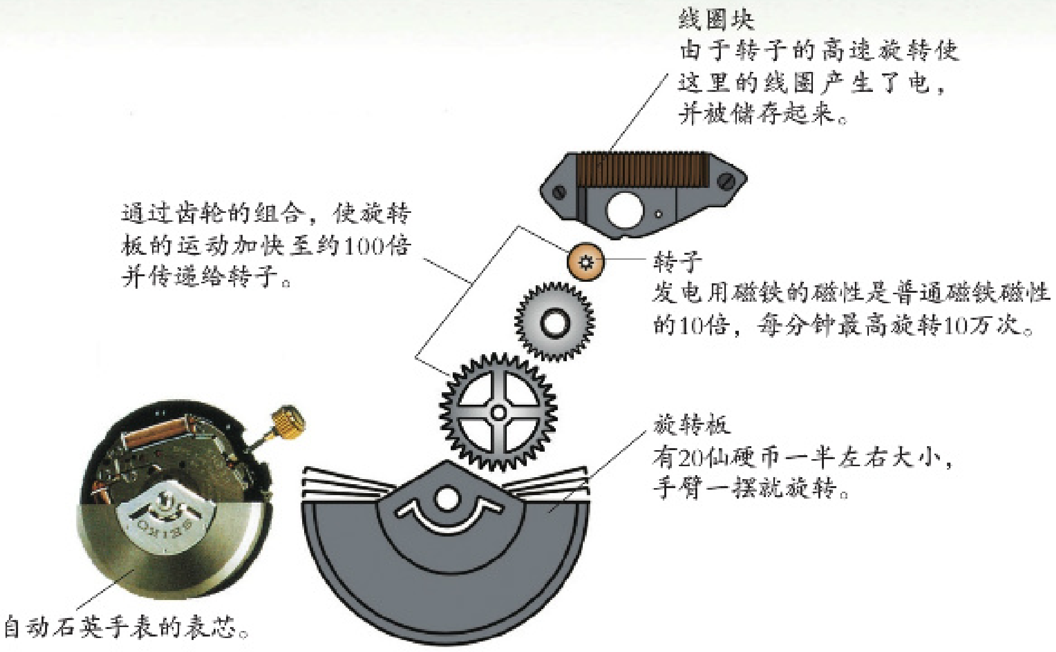


图10-32　自动石英手表的发电原理

10.5.4　电磁感应式震动电缆

电磁感应式震动电缆报警系统是一种专门对翻越和入侵破坏进行探测报警的装置，常用于银行、易燃易爆场所等重要区域的警戒。这一系统的电缆有一个特殊的结构，如图 10-34 所示，在聚乙烯护套内，有两块近似半弧形的韧性永久磁性材料，它们被中间两根固定绝缘导线支撑着分离开来。两根绝缘导线之间的空隙正好是两个磁性材料建立起来的永久磁场，空隙中有一根活动的裸导线。当此电缆受到外力的作用而产生震动时，裸导线就会在空隙中切割磁场线，由电磁感应产生电信号，进而触发报警电路报警。



图10-33　安装了电磁感应式震动电缆的围墙

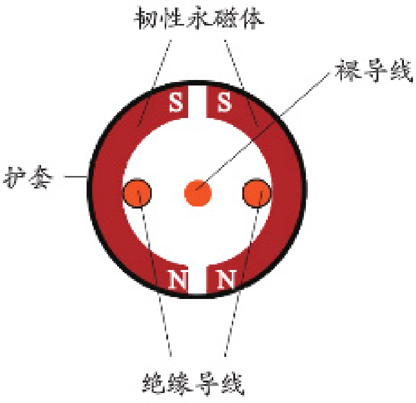


图10-34　电磁感应式震动电缆截面

活动 10

电磁感应现象在生活和生产中还有哪些重要的应用？请上网查找，并与同伴交流。

本章提要

1. 通电导线周围存在磁场，磁场的方向跟电流的方向有关。电流产生磁场的现象称为电流的磁效应。
2. 通电直导线磁场的磁场线是一个个以直导线为圆心的同心圆，任意一点磁场的方向都与导线垂直。
3. 通电螺线管的周围存在磁场，在螺线管的内部插入铁芯之后，周围的磁场将明显增强。通电螺线管周围的磁场与条形磁体的磁场相似。改变电流的方向，螺线管的磁极也会发生改变。
4. 内部插有铁芯的通电螺线管叫做电磁铁。电磁铁磁性的强弱跟线圈的匝数有关，也跟通过线圈的电流大小有关。匝数越多，电流越大，电磁铁的磁性越强。电磁起重机、信息的磁记录、扬声器中都用到电磁铁。
5. 电磁继电器是利用电磁铁来控制工作电路的一种自动开关。使用电磁继电器可以用低电压和弱电流电路的通断，来控制高电压和强电流电路的通断。
6. 闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁场线的运动时，导体中就会产生电流，这种现象称为电磁感应，产生的电流称为感应电流。感应电流的方向跟导体切割磁场线运动的方向有关，还跟磁场的方向有关。在电磁感应现象中能量的转化是：机械能转化为电能。
7. 发电机是利用电磁感应现象制造出来的。发电机发出的电流，如果方向会发生周期性的变化，称为交流电。如果方向不变，称为直流电。交流电 1 s 内重复的完整变化过程数称为交流电的频率，单位为赫兹，符号为 Hz。
8. 发电机有不同的类型，按产生的电流方向是否改变，有交流发电机和直流发电机；按磁极是在发电机的定子还是在转子，有旋转线圈发电机和旋转磁极发电机。按发电机中磁场来源的不同，有永磁发电机和励磁发电机。
9. 动圈式麦克风、电吉他、自动石英手表、电磁感应式震动电缆都是利用电磁感应原理工作的。

练习题

一、选择题

1. 奥斯特实验证明了(　　)。
   A. 磁极与磁极会发生相互作用
   B. 地球是一个巨大的磁体
   C. 地磁的南极在地理北极附近
   D. 通电导线周围存在磁场

2. 下列方法中，不能改变通电螺线管磁性强弱的是(　　)。
   A. 改变电流的方向　　B. 减少线圈的匝数
   C. 在螺线管内插入铁芯　　D. 减小电流

3. 如图 10-35 所示，蹄形磁铁竖直放置，闭合电路中的一部分导体 *AB* 水平放置于蹄形磁铁的磁极之间。要使安培计的指针偏转，可行的办法是(　　)。
   A. 磁铁不动，*AB* 水平向左运动
   B. *AB* 不动，磁铁水平向左运动
   C. *AB* 不动，磁铁竖直向下运动
   D. *AB* 和磁铁以相同的速度同时向上运动

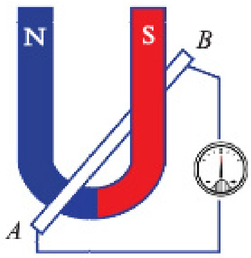


图10-35

4. 如图 10-36 所示是安装在脚踏车上的微型发电机，当脚踏车轮带动它转动时，可发出电来，供脚踏车照明之用。下列说法正确的是(　　)。
   A. 脚踏车轮利用摩擦带动发电机转动
   B. 发电机工作时，电能转化为机械能
   C. 发电机工作时，电能转化为光能
   D. 发电机是利用电流的磁效应工作的


图10-36

二、简答题

1. 下面左边列出的是电磁铁的状态，右边列出的是电磁铁的表现，用直线将左右两列对应的内容连接起来。

电流的方向 ·	· 有无磁性
通断电 ·	· 磁性的强弱
电流的大小 ·	· 南北极

2. 如图 10-37 所示是阿亮同学设计的研究电磁铁的装置。弹簧秤下吊着铁质钩码，下面是一个带铁芯的螺线管，*R* 是滑动变阻器，S 是开关。

（1）当 S 从断开到闭合时，弹簧秤的读数将如何变化？

（2）当 S 闭合达到稳定后，*P* 向右移动时，弹簧秤的读数将如何变化？

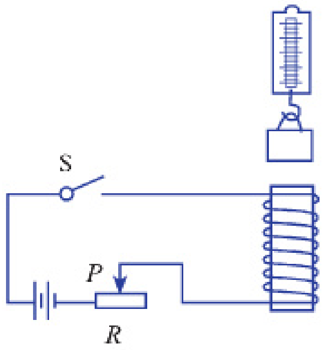


图10-37

3. 图 10-38 中的 *A* 是一个光敏电阻，*B* 为衔铁，*C* 为触点。当有光照射时，光敏电阻 *A* 阻值很小；当没有光照射它时，阻值很大。试解释下列现象：合上开关 S，当有光照射光敏电阻 *A* 时，电动机 M 转动；当有物体（如图中 *P*）遮住光线时，电动机 M 便会停止运转。

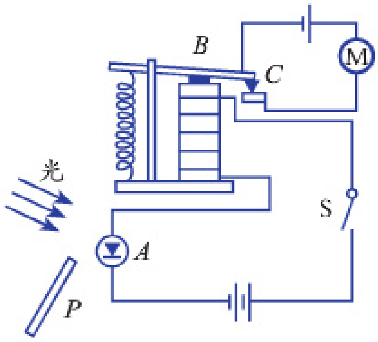


图10-38

4. 图 10-39 是恒温箱的简易电路图，其工作原理是：接通工作电路后，电热丝加热，箱内温度升高。试解释下列现象：

（1）当箱内温度达到温度计内金属丝 *A* 所指的温度时，工作电路断开，电热丝停止对箱体加热。

（2）当箱内温度低于金属丝 *A* 所指的温度时，工作电路导通，电热丝对箱体加热。

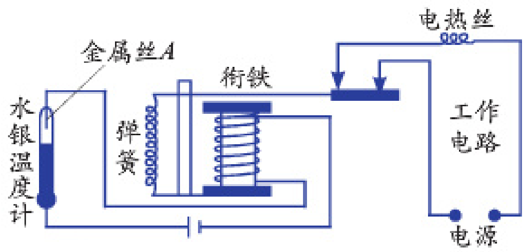


图10-39

5. 如图 10-40 所示，电话机的送话器是将声波转化为电流，电话机的受话器是将电流转化为声波。其中哪个装置是利用电磁感应现象工作的？



图10-40

第四单元

人类对电和磁的利用

第11章 家庭用电

学习目标

1. 知道家庭电路的配线和组成部分。
2. 知道火线和中线及其识别方法。
3. 知道熔断器和断路器及其应用。
4. 知道地线在家庭电路中的作用。
5. 会正确连接三脚插座。
6. 知道安全用电的常识。
7. 知道节约用电的意义和措施。



本章概念图


家庭用电
家庭电路的组成
火线、中线及其识别
家庭电路的保护
电流过大的原因
熔断器与保险丝
断路器
安全用电
地线及其作用
三脚插头及其连接
安全电压
触电类型
单线触电
双线触电
安全用电常识
节约用电
电光源的改进
节约用电措施

11.1　家庭电路

电在我们家庭生活的各方面都得到了广泛的应用，没有电，我们的日常生活将受到极大的影响。为了科学地用电，我们必须了解家庭电路的线路配置和基本结构。

11.1.1　家庭电路的组成

读 图

如图 11–1 所示是一个家庭电路的示意图。

1. 你能说出入户的两条导线的名称吗？
2. 你能说出图上各个器件的名称和作用吗？
3. 图上两盏灯是并联还是串联？采用这种连接方式的理由是什么？

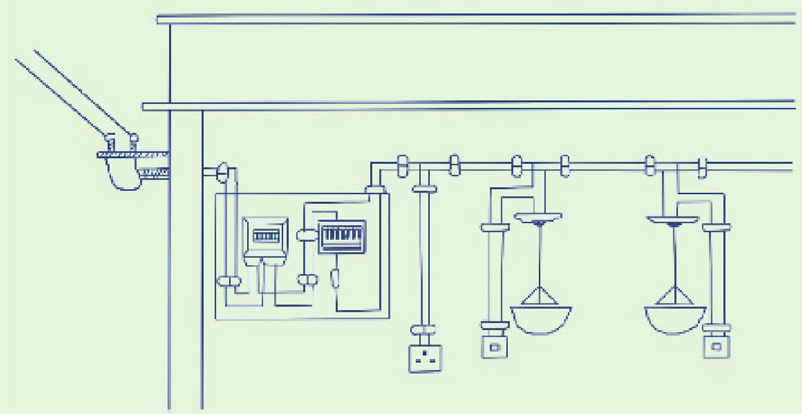


图11–1　家庭电路示意图

图 11–1 的家庭电路可以用图 11–2 的电路图来简洁地表达。不同家庭的电路虽然各不相同，但大致的结构是相似的。

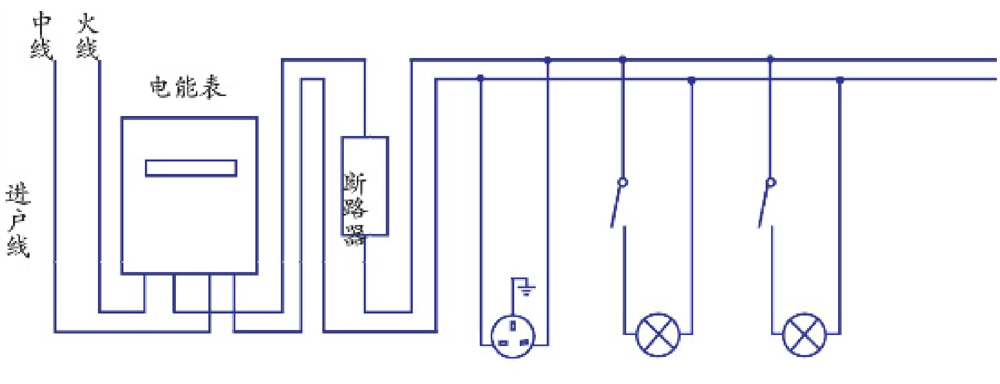


图11–2　家庭电路图

家庭电路所用的电是发电厂通过电网输送过来的。两条输电线进户后，先接到电能表、总开关、断路器（或熔断器），然后再连接到室内的电灯、插座。其中电能表用来测量电路消耗的电能，断路器或熔断器是电路的保护装置，插座可以为一些能移动的电器供电。

活动 1

有一户家庭拥有多层楼房，其中底楼准备租给他人作商铺。为了便于计算商铺的用电量，需要为底楼商铺的电路单独再接一个电能表。家庭（包括商铺）总的用电量仍用原来电能表测量，两个电能表分别称为总表和分表。请画出能反映电路连接状况的示意图（你可以以图 11-2 为基础进行补充，底楼商铺的电路用虚线框起来）。

有的家庭电路中，所用的总开关是如图 11-3 所示的闸刀开关。这种闸刀开关也广泛应用于其他许多场合。

活动 2

1. 拆开闸刀开关，了解其结构。
2. 将闸刀开关安装在竖直墙面上时，哪边应该放在上方？为什么？
3. 连接闸刀开关时，进线和出线分别接在哪几个接线柱上？为什么？

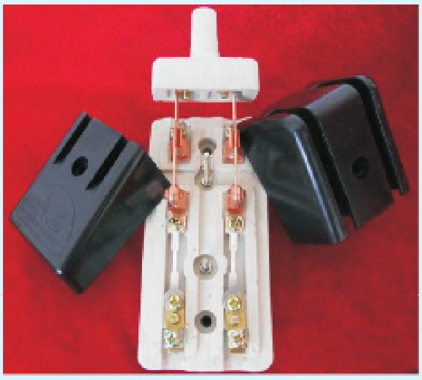


图11-3　闸刀开关的内部结构

11.1.2　火线、中线及其识别方法

在家庭电路中，入户的两条导线一条叫做火线，另一条叫做中线。火线与中线之间的电压为 220 V。因为在电源处中线已经接地（图 11-4），所以火线与地面之间的电压为 220 V，中线与地面之间的电压接近零。人体直接接触火线是危险的，而直接接触中线却是安全的。

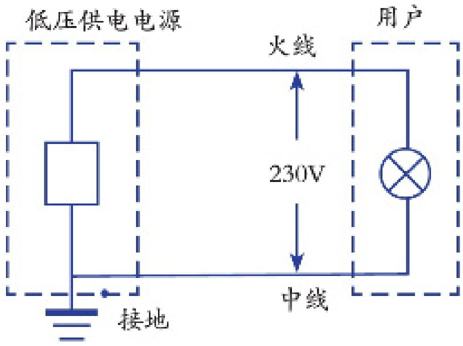


图11-4　家庭电路供电线路示意图

想一想

有人说，电路接通时，火线上有电流通过，中线上没有电流通过，所以，接触火线是危险的，而接触中线是安全的。这样的说法正确吗？

为了安全地进行电路操作，人们常常利用测电笔辨别火线和中线。测电笔的外形和结构如图 11-5 所示。

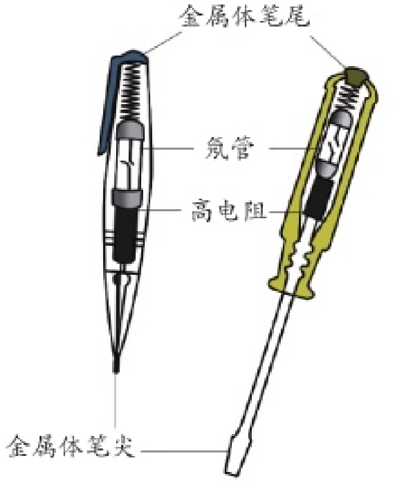


图11-5 测电笔的结构

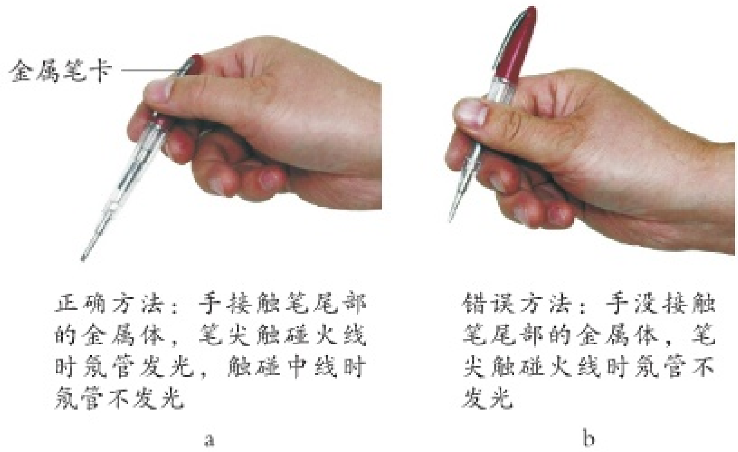


图11-6 握测电笔的方法

活动 3

1. 拆开测电笔，观察内部的结构，认识氖管和高电阻。
2. 分别按图 11-6a、b 两种方法，将测电笔的笔尖依次插入火线插孔和中线插孔中，看哪一方法能够测出火线和中线。

【例 1】测电笔内有一个很大的电阻，用来限制通过人体的电流。现有一支测电笔，其中的电阻为 880 kΩ，氖管的电阻和人体的电阻都比这个数值小得多，可以忽略不计。使用该测电笔接触家庭电路中的火线时，流过人体的电流为多大？由此说明测电笔接触火线对人是安全的。

已知：电压 $V = 230\ \text{V}$，电阻 $R = 880\ \text{k}\Omega$。

求：电流 I。

解：根据欧姆定律，可得：

$$I = \frac{V}{R} = \frac{230\ \text{V}}{880 \times 10^{3}\ \Omega} = 0.26 \times 10^{-3}\ \text{A} = 0.26\ \text{mA}$$

答：流过人体的电流为 0.26 mA。这个电流远小于对人有危害的电流 10 mA，所以，用测电笔接触火线对人是安全的。

想一想

在图 11-7 所示的电路中，*P* 处因故断开了，此时用测电笔分别测 *A*、*B* 两处，测电笔的氖管是否都会发光？为什么？（此法可用来判断中线是否断线。）

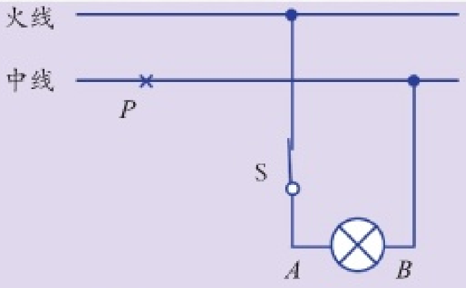


图11-7　测电笔的使用

近年出现一种新型的测电笔，称为电子测电笔，其外形如图 11-8 所示。使用电子测电笔辨别火线和中线时，手指要按测电笔上的直接检测键（即离显示屏较远的键），将笔尖触碰火线时，指示灯将亮起，显示屏显示电路的电压值。将笔尖触碰中线时，指示灯不亮。电子测电笔还有其他多种功能。



图11-8　电子测电笔

11.2　熔断器和断路器


图11-9　2012年11月25日，孟加拉国一家制衣厂因电路短路发生特大火灾，有121人在火灾中遇难。

媒体上时有因电路短路而酿成火灾的报道。电路短路为什么会引起火灾？除短路外，家庭电路中还有哪些原因也容易引起火灾？如何防范电路的这种危害呢？

11.2.1　电路中电流过大的原因

电流通过导线时，导线会发热。不同型号的导线都有对应的额定电流，规定了该型号导线允许通过的最大电流。如果导线通过的电流超过额定电流，导线就会过度发热而引起火灾。哪些原因会引起电路中电流过大呢？

活动 4

1. 在图 11-10 所示的电路中，使开关 S_2 处于开启状态。当合下开关 S_1 时，灯泡发光。
2. 使开关 S_1 处于闭合状态，当合下开关 S_2 时，保险丝将被熔断，灯泡不亮。

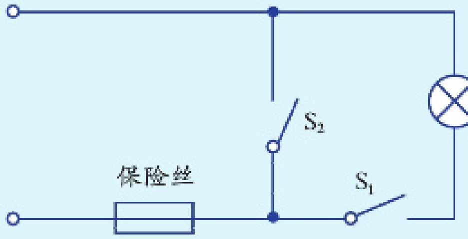


图11-10　电路短路实验

上述实验中，开关 S_1 闭合、S_2 断开时，通过保险丝的电流并不过大。而当开关 S_1、S_2 都闭合时，相当于灯泡两端用导线直接连接起来，造成了电路的短路。此时，通过保险丝的电流骤然增得很大，因温度猛升而熔断。

想一想

1. 在活动 4 的实验中，电路上要是没有接保险丝，将会出现什么情形？
2. 在实际电路中，有哪些原因可能会引起电路短路？

除短路外，还有哪些原因会使电路上的电流过大呢？

活动 5

1. 按如图 11-11 所示的电路，将安培计接在干路上，用于测定通过干路的电流。先接入一个灯泡，观察安培计的读数。
2. 再并联上第二个、第三个……灯泡，可以发现安培计的读数将逐渐变大。当并联的灯泡过多时，保险丝最终将熔断。

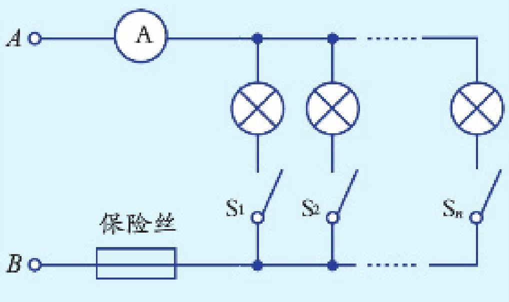


图11-11　电路过载实验

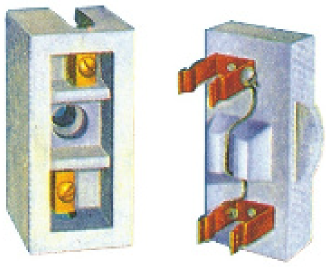
实验表明，当电路中使用过多的电器时，电路中也将会产生过大的电流。

通过后面的学习，我们将知道，所谓使用过多的电器，其本质是电路中电器的总功率过大。

11.2.2 熔断器

为了防止电路中电流过大而造成危害，人们发明了各种电路保护装置，它能在电路电流过大时自动切断电路。

熔断器是一种十分常用的电路保护装置。常见的熔断器有敞开插入式熔断器和封闭管式熔断器，如图 11-12a、b 所示。敞开插入式熔断器通常安装在家庭电路的线路上；封闭管式熔断器通常安装在电器内部，它能够限制过大的电流通过电器，起到保护电器的作用。



a 敞开插入式熔断器



b 封闭管式熔断器

图11-12　熔断器

敞开插入式熔断器的主体部分是保险丝，它安装在固定于瓷器盒盖的金属支架上，熔断器的底座串联在电路中，其金属体与电路相连。当盒盖插入底座上时，将底座上的两个金属体连通。

活动 6

取一根细保险丝，用一根点燃的火柴去加热，保险丝即被烧断。

保险丝是熔断器的主体，它一般由金属合金（如铅锑合金）制成，其熔点较低，在 200℃ ~ 400℃之间。保险丝有不同的规格，保险丝的规格是用它的额定电流来表示的。保险丝正常工作时允许通过的最大电流值称为保险丝的额定电流。不同材料、不同粗细的保险丝，其额定电流不同。

每个电路都有最大正常工作的电流，它由电路中的电器和导线允许通过的最大电流共同决定。选择保险丝时应使保险丝的额定电流等于或稍大于电路最大正常工作电流。如果所备保险丝的额定电流小于电路最大正常工作电流，可用多股保险丝并联使用。

想一想

1. 保险丝的额定电流选得太大或太小，将会造成怎样的结果？
2. 家里保险丝熔断后一时找不到合适的保险丝，能用铜丝代替保险丝吗？

小档案

保险丝的熔断电流

所谓熔断电流，即保险丝开始熔化时的电流值，它是保险丝额定电流的两倍。当电路中的实际电流略超过保险丝的额定电流时，保险丝一般仍能工作较长时间而不会立即熔断。但是，当电路短路或严重过载而使电路中的电流达到或超过保险丝的熔断电流时，保险丝就会迅速熔断。

11.2.3 断 路 器

保险丝的更换比较麻烦。现在，家庭中普遍使用断路器来替代闸刀开关和熔断器。家庭电路中的断路器也称为自动开关。它是一种既有手动开关作用，又能自动对电路进行短路和过载保护的装置。

断路器一般连接在火线上。断路器上标有额定电流，当流过断路器的电流超过额定电流时，断路器会自动断开，切断电路，从而起到保护电路的作用。



图11-13 断路器

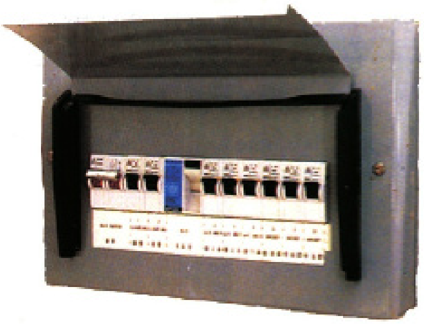


图11-14 安装在电路中的几个断路器

如图 11-15 所示是一种断路器的结构示意图，此时电路处于导通状态。当电路短路时，电路中的电流瞬间猛增，断路器内的电磁铁会即时作出反应，立即向下吸引衔铁，将弹簧片顶起，开关在水平弹簧弹力的作用下切断电路，如图 11-16 所示。而在这极短的时间内，双金属片的温度尚未明显升高，基本上保持原状。

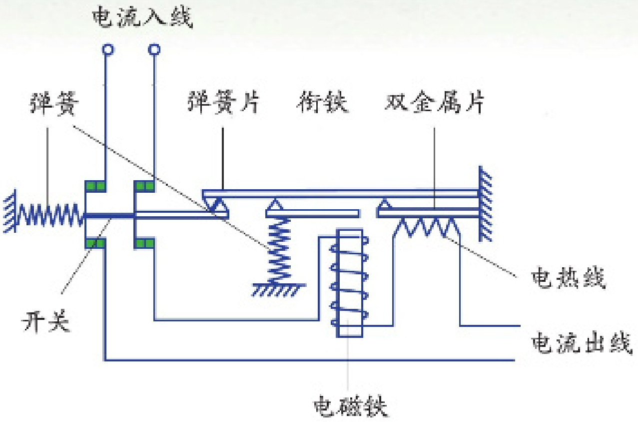


图11-15　断路器的结构示意图

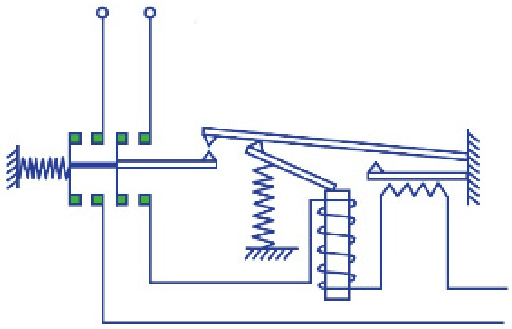


图11-16　电路短路时断路器的工作原理图

读 图

如图 11-17 所示是电路过载时断路器切断电路的原理图。由于电路过载时，电流并非猛增，电磁铁的磁力不足以将衔铁吸下。请分析此时断路器是怎样切断电路的。

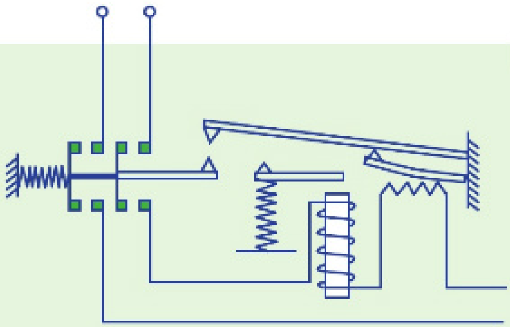


图11-17　电路过载时断路器的工作原理图

当电路被熔断器或断路器切断后，不要急于更换保险丝或使断路器复位，而应先寻找发生电流过大的原因，排除故障后再接通电路。

11.3　地　线

家庭使用的电器如电灯，只需要与火线、中线相连。但为什么像电风扇、洗衣机、电冰箱等家用电器，它们连接电源的插头却有三个插脚，需要插在三孔插座里使用呢？

11.3.1　地线的作用

使用电器时最怕的就是电器漏电。所谓电器漏电，是指由于电器导线的绝缘受到损坏等原因造成的电器带电的状态。特别是一些金属外壳的电器，

如果金属外壳带上电，人接触外壳时就会发生触电事故。将电器与地线相连接可以有效地防止电器漏电造成的危害。

电器虽然放在地面上，但通常只有地面以下几米深处的潮湿土壤才是电的良导体，干燥的地表导电性较差，而且电器通常是用橡胶或塑料支在地面上，所以电器的外壳并不能认为已经接地。像图 11-18a 所示的洗衣机，当其外壳与火线接触而发生漏电时，由于外壳跟地之间的电阻较大，因而火线入地的漏电电流较小，不足以把保险丝熔断。此时人体一旦触摸洗衣机的外壳，火线、洗衣机、人和大地之间就构成了一条电流通路，从而就有电流通过人体流入地面而危及人的安全（图 11-18b）。

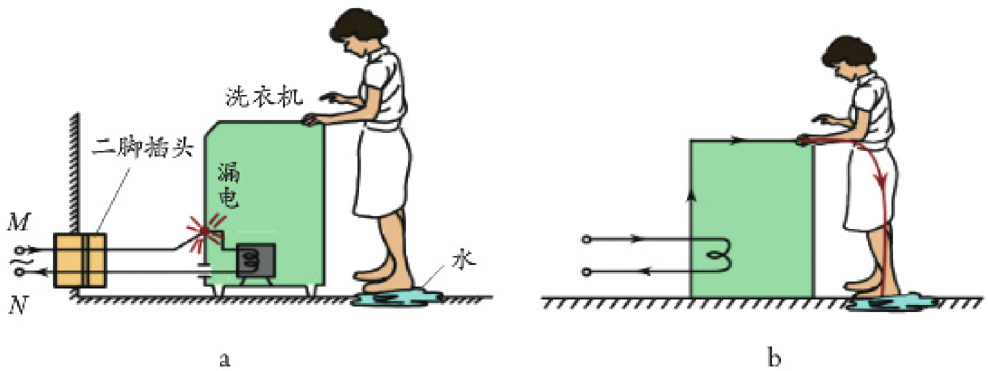


图11-18 电器未接地时发生漏电

如果除了火线和中线之外，还有一条地线其一端与深深埋入地下的金属体连接，另一端与电器的金属外壳连接，电器的外壳就良好接地了。此时一旦外壳与火线接触而带电（图 11-19a），火线就会与电器的金属外壳、地线及大地之间构成一个通路，产生很大的入地漏电电流（图 11-19b）。这个电流足以使熔断器的保险丝熔断，或使断路器跳闸而切断电源，从而消除了对人的潜在危险。

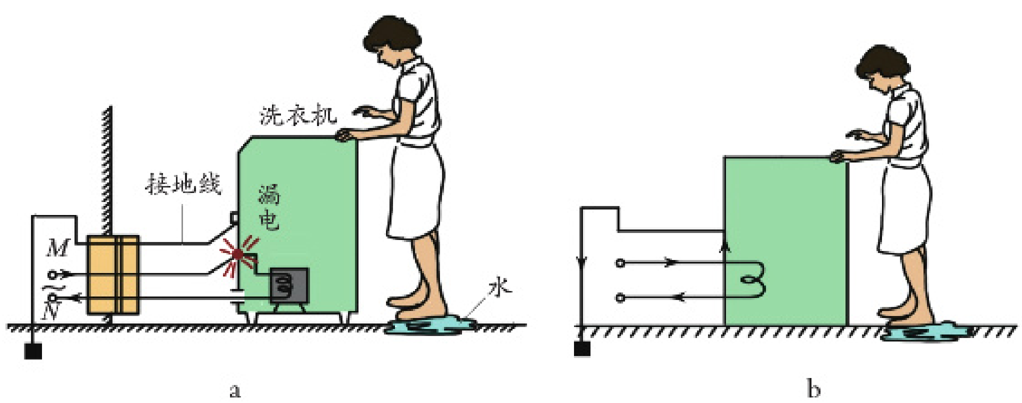


图11-19 电器接地时发生漏电

小档案

漏电保护器

虽然接地线可以对火线接触电器金属外壳而造成的漏电现象起到保护作用，但在电器中，火线接触金属外壳的故障并不常见，更为经常发生的是由于设备受潮、负荷过大、绝缘老化等造成的漏电现象。这种漏电电流值较小，不能迅速触发熔断器或断路器，但它对人身安全却构成了严重的威胁。为此人们发明制造了漏电保护器。灵敏的漏电保护器能够对 10 mA 的漏电电流做出反应，并在 0.025 s 的时间内切断电路。



图11-20　漏电保护器

11.3.2　三脚插头

由于像电风扇、洗衣机、电冰箱等电器除了接火线和中线之外还要接地线，所以，在家庭电路中，为这些电器供电需要采用三插孔的插座。如图 11-21 所示，三个插孔应严格按要求与火线、中线、地线连接。

与电风扇、洗衣机、电冰箱等电器连接的三脚插头（图 11-22）中，左插脚 L 和右插脚 N 是电器电机的引出线，应分别与电源的火线和中线连接；上方插脚 E（或标符号⏚）则应连接电器的金属外壳。插头插入插座后，电器的外壳就和地线相连了。

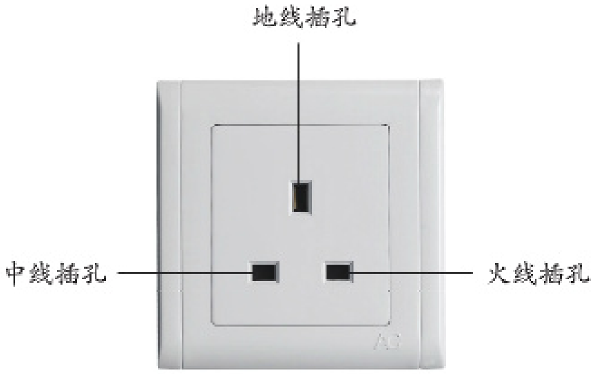


图11-21　三孔插座

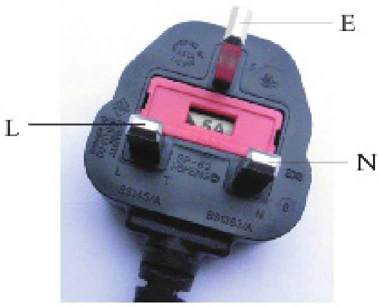


图11-22　三脚插头

活动 7

在家里做个调查，了解你家哪些电器用的插头是三脚插头（有条件的可以拍出电器和插头的照片），并与同伴交流。

为了防止插头接线出现错误，国际上对导线的颜色做了规定：

火线（L）—— 棕色（过去规定为红色）

中线（N）—— 蓝色（过去规定为黑色）

地线（E）—— 黄绿色条纹（过去规定为绿色）

活动 8

1. 观察三脚插头，认识接火线、中线、地线的三个插脚的位置。
2. 按图 11-23 方式，将颜色分别为棕色、蓝色及黄绿色相间的三根导线按国际上的规定连接在三脚插头上。

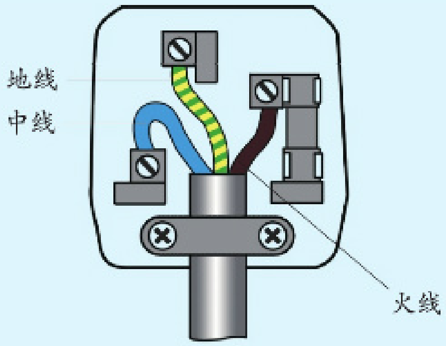


图11-23　三脚插头的接线

11.4 安全用电

电给我们的生活带来了极大的好处，但如果用电不慎，也会给我们造成危害。因此，我们必须掌握安全用电的常识。

11.4.1　安全电压

人体是一个导体，通过人体的电流是否对人体造成危害取决于电流的大小和通电时间的长短。研究表明，1 mA 左右的电流通过人体时，会使人产生麻的感觉；当电流不超过 10 mA 时，人会感到痛苦而挣脱电源；当电流超过 30 mA 时，人会感到剧痛，甚至神经麻痹，呼吸困难，有生命危险；当电流达到 100 mA 时，3 s 即可使人窒息，心脏停止跳动。电流越大，从触电到死亡的时间越短。



图11-24　机床上照明灯的电压都不高于36 V

通过人体电流的大小与人体电阻的大小以及加在人体上的电压大小有关。每个人人体的电阻大小各不相同，即使是同一个人，其电阻的大小也不是固定不变的。皮肤干燥时电阻大些，皮肤潮湿时电阻小些。大量事实表明：一般说来，不高于 36 V 的电压才是安全电压。

11.4.2 触电类型

由于家庭电路的电压是 230 V，所以，在家庭电路中触电是危险的。家庭电路中所有的触电事故都是因人体直接或间接地触摸到火线而引起的。具体可分为单线触电和双线触电两种类型（图 11-25）。

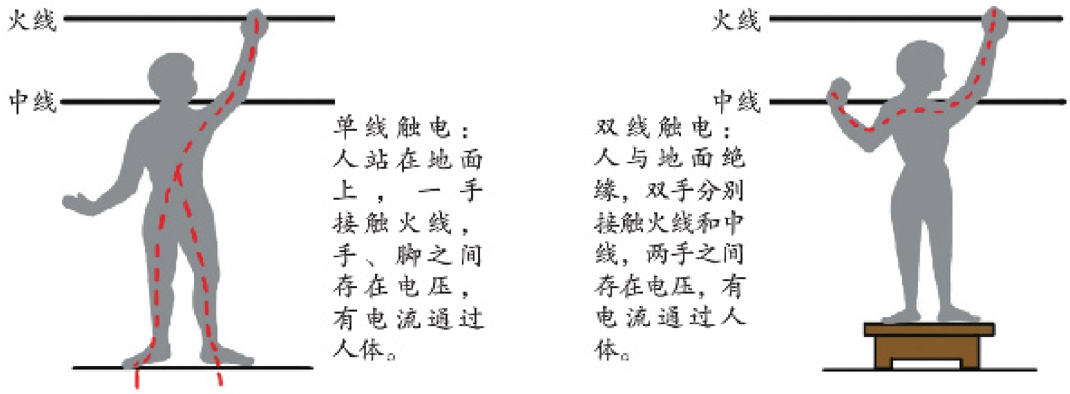
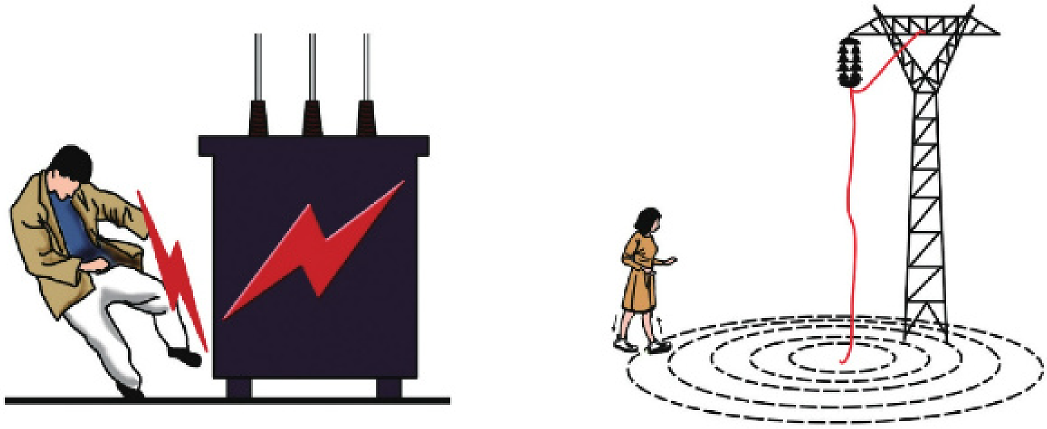


图11-25 单线触电和双线触电

小档案

高压触电

触电并非都是因为人体接触到带电体而引起的。有些高压线路或高压设备的电压高达几十千伏甚至几百千伏，对于这些高压带电体，人靠近它时，虽然没有与它直接接触，也会发生触电事故。高压触电可分为高压电弧触电和跨步电压触电两种类型。



一定距离时，高压带电体和人体之间就会发生放电现象，这时有电流通过人体。

面上，人在落点附近走路时，两脚之间存在电压，因此会有电流通过人体。

图11-27　高压电弧触电和跨步电压触电

活动 9

1. 图 11-28a、b 所示的警示标志的含义是：____。
2. 请说出一个自己知道的提示“当心触电”的标志，并与同伴交流。



a　　b

图11-28　警示标志

小档案

鸟儿为什么不会触电

被架高的高压线是裸露的金属导线，在这些几万伏甚至几十万伏的高压线上面，我们常常看到一些鸟儿安然自在地站在那里。为什么这些鸟儿不会被电触死呢？



图11-29　高压线上的鸟儿

从触电的几种情形看，因为鸟儿总是站在一条高压电线上，身体没有和大地接触，所以不会造成单线触电和双线触电。因为高压放电现象是在高压线和大地之间进行的，所以高压线上的鸟儿一般也不会发生高压电弧触电。

但是，鸟儿的两只爪子站在电线的不同位置，两爪之间是存在电压的，因此还是有电流通过鸟儿身体的。但由于两只爪子间的距离很小，两爪之间的电压也很小，通过鸟儿身体的电流极其微小，并不会对鸟儿构成危害。

11.4.3 安全用电常识

为了做到安全用电，首先，在家庭电路中安装电路器件时必须符合规范的要求，以免人体接触到火线。

读图

观察图 11-30 中开关接的位置和螺旋型灯头的接线法，说说这样做的道理。

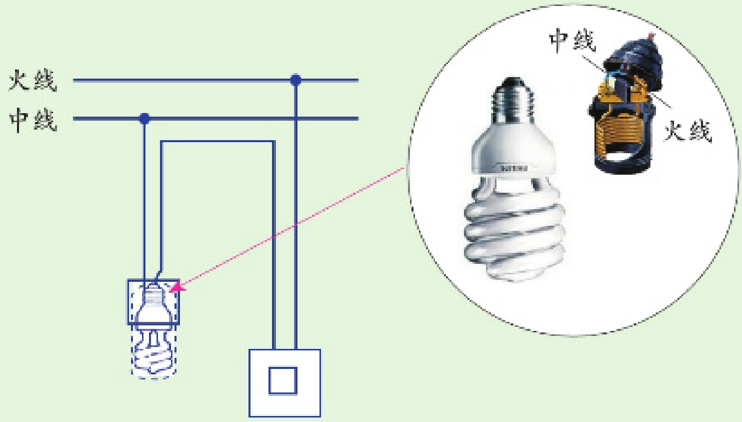


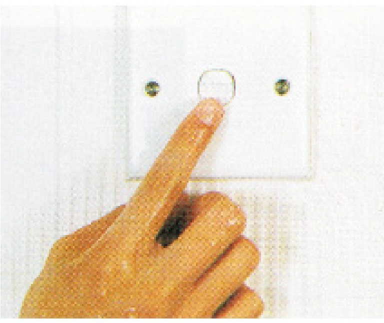
图11-30　开关和螺旋型灯头的接法

其次，要防止因漏电或电器设备损坏等原因，使本来不该带电的物体带了电。此外，还需要了解一些生活中安全用电的常识。

安全用电常识

- 不要用湿的手触摸电器、插头和开关。
- 防止电线的绝缘层老化或破损。
- 不要在高压线旁钓鱼或放风筝。
- 不要使插座超负荷工作。
- 导线旁不要放置高温物体。
- 不要同时使用多个大功率电器。

前面所述的在电路中安装熔断器或断路器、电器接地线等，也都是安全用电的具体措施。



不要用湿手触摸开关



放风筝的场所要远离电线



不要使插座超负荷工作

图11-31　安全用电要求

想一想

如图 11-32 所示，某人在房顶上架设了电视天线。他这样架设存在哪些安全隐患？



图11-32 存在安全隐患的电视天线

我们可以将安全用电概括为“四不”原则：不接触电压高于 36 V 的带电体；不靠近高压带电体；不弄湿电器设备；不损坏电器设备中的绝缘体。

11.5 节约用电

随着生活方式的改变和生活水平的提高，人们在生活中的用电量也越来越大。与此同时，人类所拥有的用来发电的煤炭、石油等资源也越来越匮乏，燃料燃烧产生的污染物也越来越多。所以，我们在充分享受电给我们带来好处的同时，必须做到节约用电。



图11-33 华灯四起的香港夜晚

11.5.1 电光源的改进

人类对电的应用开始阶段主要是照明。虽然今天电广泛应用于家庭生活的多个方面，但照明用电仍然占总用电量相当大的比例。改进电光源，减少照明方面电的损耗，始终是人们十分关注的课题。

自从爱迪生（Thomas Alva Edison，1847-1931）1879 年发明了白炽灯之后，一百三十多年来，白炽灯一直给我们带来光明。白炽灯的灯丝是用钨做的，钨可以拉成很细的丝，而且熔点非常高（3415℃）。当电流通过时，灯丝热到白炽的状态，就会发出明亮的光。由于白炽灯是利用通电灯丝发热而发光的原理工作的，所以属于热光源。

物体温度达到 1700℃以上时会发白光，这种状态就叫做白炽状态。

白炽灯的电光转化率还不到 5%，使用寿命约为 1000 h。电流通过白炽灯，大约有 95% 的电能转化为热能，所以从照明角度看，电能损耗很大。

日光灯在生活中比较常用。通电时，灯管两端的灯丝因受热而释放出的电子在灯管内的水银蒸气中运动，汞原子被电子撞击后会发出紫外线。在紫外线的照射下，涂在管壁上的荧光粉发出可见光。由于日光灯是因荧光粉受激发而发光，所以也叫荧光灯。荧光灯属于冷光源，其电光转化率约为 25%，使用寿命约为 5000 h。目前普遍使用的电子节能灯，其发光的基本原理与日光灯一样，它是一种紧凑型的荧光灯。电子节能灯由于低电压启辉、无频闪、无噪声、高效节能、开灯瞬间即亮和使用寿命长等优点，深受消费者的欢迎。

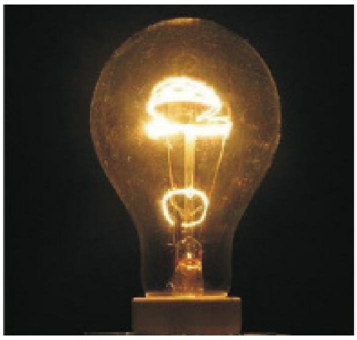


图11-34　白炽灯

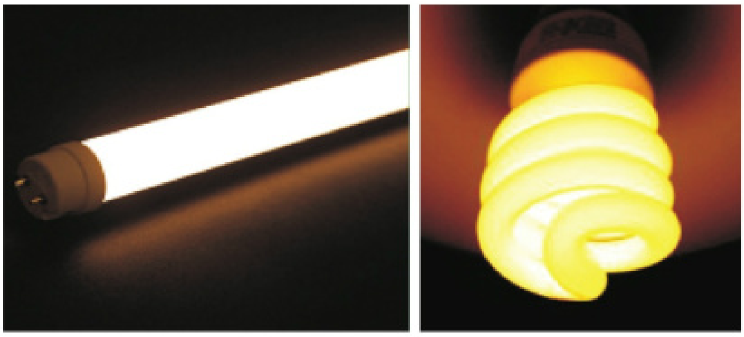


图11-35　荧光灯（日光灯和电子节能灯）

LED 是发光二极管的简称，LED 灯是近年来人们利用发光二极管制造的新型电光源。LED 灯的电光转化率高达 47% ~ 64%，寿命可达数万小时，无须使用玻璃真空封装，不产生毒气和汞污染，可以做成各种形状，产生各种颜色，应用场合广泛。这些优点让它备受人们的青睐，目前已开始被广泛应用。



LED球灯　　LED平板灯　　LED灯带

图11-36　各种类型的LED灯

活动 10

1. 说说我们生活中还使用哪些节电的电光源，与同伴交流。
2. 调查你家目前照明用的是什么灯？____________________。向父母了解，家里以前曾经使用过哪些灯？____________________。

小档案

电光源发展大事记

1879 年：爱迪生发明电灯，当时他用的灯丝是炭精丝，第二年他又采用了寿命长达上千小时的碳化竹丝。

1938 年：美国通用电气公司的研究人员伊曼发明了荧光灯，其电光转化效率远高于白炽灯。

1959 年：卤素灯问世。这种灯通过往白炽灯的玻璃泡里充入一些卤族元素气体，大大延长了白炽灯的使用寿命，而且亮度更高。

1969 年：第一盏 LED 灯（红色）问世。

1980 年：飞利浦公司发明紧凑型荧光灯（俗称节能灯），人类自此进入节能灯时代。

1998 年：发白光的 LED 灯研制成功，为 LED 灯用作照明奠定基础。

2000 年：LED 灯应用于室内照明，但因成本较为高昂，当时未普及民用。

2010 年：因 LED 灯成本降低，各国开始淘汰白炽灯。



图11-37　2010年7月1日美国《时代周刊》封面上的爱迪生画像

11.5.2　节电措施

既然节约用电是我们节约能源、节约资源的重要方面，那么除了使用节能灯具照明之外，节约用电还有哪些技巧呢？

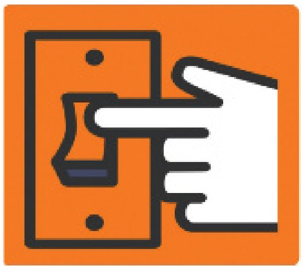


图11-38　随手关

电灯的使用　要根据需要选择亮度合适的电灯；白天要尽量利用日光，不开灯或少开灯；离开房间时要随手关灯。

空调的使用　要根据房间面积选购功率合适的空调。在制冷时，温度尽量控制在 26℃以上；睡眠时应设在“睡眠”状态；要经常清洗过滤网，保持过滤网清洁；空调启动时最耗电，不要常开常关。

冰箱的使用　要放置在不受阳光直射、远离热源的地方；周围要留有足够的空间，以保持良好的通风散热；箱门应经常保持紧闭；热的食品要凉到室温后再放入；冷凝器、冷冻室要保持清洁；温度调节旋钮调整至适冷，切勿长时间置于强冷或急冷位置；箱内要留有冷空气循环通路，食物储藏以不超过八成为宜。

电视机的使用　要控制合适的亮度和音量，亮度越高，音量越大，耗电越多；不用时要套上防尘罩，以防止电视机吸进灰尘，灰尘多了就可能漏电，增加电的损耗。

电饭锅的使用　煮饭时，只要熟的程度合适即可切断电源，锅盖上盖条毛巾，可减少热量损失；煮饭时应用热水或温水，可省电 30%左右；电饭锅用毕应立即拔下插头，这样既能减少耗电量，又能延长使用寿命。

插头和插座的使用　插头和插座要接触良好，否则不但会增加耗电量，而且还有可能损坏电器。

现在的家用电器大多有待机功能，处于待机状态时也要消耗电能。因此，家用电器不用时要彻底关闭电源，不要长时间处于待机状态。

活动 11

1. 通过上网或查阅书刊等方法，了解还有哪些节电的窍门。
2. 向父母了解，你家目前每个月大约要用多少电，5 年前、10 年前每个月大约要用多少电。

节约用电涉及人类社会共同面对的节约资源、保护环境、应对全球气候变化等重大课题，我们应当培养强烈的节电意识，养成良好的生活习惯。

想一想

如果你要做一份“节电手抄报”，你想在手抄报上刊载哪些内容？

小档案

地球一小时

地球一小时（Earth Hour）是世界自然基金会（WWF）应对全球气候变化所提出的一项倡议，希望个人、社区、企业和政府在每年 3 月最后一个星期六晚上 8:30 ～ 9:30 熄灯一小时，以表明对应对气候变化行动的支持。过量二氧化碳排放导致的气候变化，目前已经极大地威胁到地球上人类的生存。只有通过改变全球民众对于二氧化碳排放的态度，才能减轻这一威胁对世界造成的影响。


关灯前


关灯后

图11-39　北京鸟巢的地球一小时活动

本章提要

1. 家庭电路是由火线、中线、电能表、总开关、熔断器（或断路器）、电器、插座等器件组成的。电能表用来测量用电量，开关用来控制电路的通断，熔断器（或断路器）用来保护电路，插座用来为可移动的电器供电。
2. 家庭电路中，火线与中线之间的电压为 230 V，用测电笔可以识别火线和中线。
3. 造成电路电流过大的原因是电路短路或电路过载。用熔断器或断路器可以使电路电流过大时自动切断电路。保险丝是熔断器的主体，它一般是由熔点较低的金属制成的。保险丝正常工作时允许通过的最大电流叫做保险丝的额定电流。选择保险丝时，应使保险丝的额定电流等于或稍大于电路中正常工作时的最大电流。
4. 漏电是指由于电器或导线的绝缘层受到损坏等原因造成的电器带电的状态。将电器与地线相连接可以有效地防止电器漏电造成的危害。三脚插头上面的插脚应该与地线连接。

5. 一般情况下，36 V 以下的电压才是安全的。家庭电路中的触电是人直接或间接接触火线造成的。触电有单线触电、双线触电、高压电弧触电和跨步电压触电等类型。安全用电的原则是：不接触高于 36 V 的带电体；不靠近高压带电体；不弄湿电器设备；不损坏电器设备中的绝缘体。
6. 人类生活离不开电，人类用电量在日益增多。我们要培养节约用电的意识，知道节约用电的措施并付诸实践。

练 习 题

一、选择题

1. 如图 11-40 所示，通电后发现电路不能正常工作。为使电路能正常工作，正确的措施是（　　）。

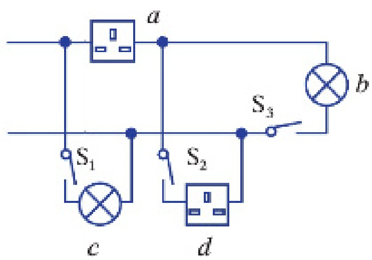


图11-40

A. 拆掉插座 d，将两条导线连在一起
B. 拆掉插座 a，将两条导线连在一起
C. 拆掉开关 S_3，将两条导线连在一起
D. 拆掉开关 S_2，将两条导线连在一起

2. 小刚下午放学回家后，闭合电灯开关，发现灯不亮。用测电笔分别测试灯泡两端的接线柱，氖管均发光。小刚家电灯不亮的原因是（　　）。

A. 两条进户线都断路　　B. 进户火线断路
C. 进户中线断路　　D. 灯丝断路

3. 在下列现象中，不可能引起家庭电路中保险丝熔断的是（　　）。

A. 开关中的两个线头相碰　　B. 电路中增加了大电流的电器
C. 插座中的两个线头相碰　　D. 室内双芯线电线的绝缘皮损坏

4. 如图 11-41 所示是一台饮水机的使用警告标示。警告语中要求使用带有地线的三孔插座，其目的是（　　）。

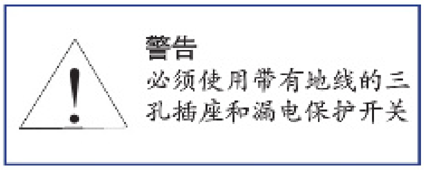


图11-41

A. 防止使用时饮水机的电压过高
B. 防止使用时饮水机外壳带电使人触电
C. 防止使用时饮水机的电流过大
D. 为了让饮水机外壳与大地绝缘

5. 更换和检修用电设备时，最安全的措施是（　　）。

A. 切断电源　　B. 站在凳子上操作

C. 戴橡胶手套操作　　D. 趁停电时操作

二、简答题

1. 从进户线到电器、总开关、电能表和熔断器，安装的顺序应当如何？

2. 如图 11-42 所示，电路中画“×”处表示断路之处。开关闭合后，用测电笔测试电路中 *A*、*B*、*C* 三点，测哪些点时测电笔氖管不会发光？

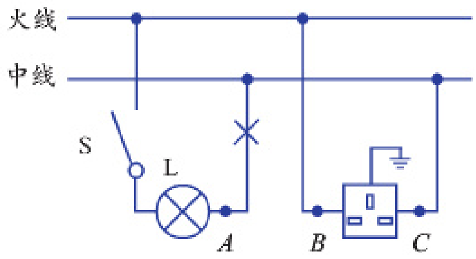


图11-42

3. 在家庭电路中，断路器能起到哪些作用？

4. 小亮同学将桌灯的插头插入插座时，家里所有的灯都熄灭了。他打开窗门看看，发现只是自己一家的电灯不亮。你认为这是什么原因造成的？

5. 按安全用电的要求，把图 11-43 所示的开关、电灯（螺丝型）、三孔插座连入家庭电路中。

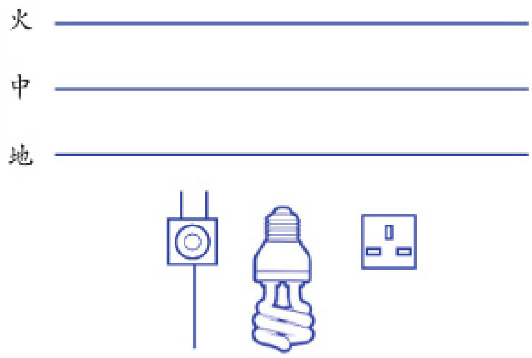


图11-43

6. 准备接大电流电器的插座，常常要在通插座的火线上装一根保险丝，而不是在通插座的火线和中线上各装一根保险丝，这样做不是为了省一根保险丝，而是为了更安全。为什么这样更安全？

7. 你的房间原来用的是 40 W 的白炽灯，如果要换成紧凑型节能灯，且更换后房间的亮度相近，应当购买多少瓦的节能灯？请通过上网查找资料解决这一问题。

搜集有关白色污染（白色公害）的资料并讨论之

塑料制品因其轻巧美观，不怕浸水等多种优异的性能，给人类的生活带来了极大的方便，推动了人类文明和科技的发展。然而塑料制品如塑料袋、薄膜、餐盒、饮料瓶等被有些人随意抛弃，丢在地上，飘挂在树上，浮在江河湖泊及海面上，就成为随处可见的“白色污染”（白色公害）现象。

一、塑料的鉴别和性质

1．请你根据小资料中提供的信息，收集鉴别家中一次性塑料杯子所含塑料的种类，并将实验现象和鉴别结果与你的同学进行交流。

小资料

塑料名	密度	燃烧特点	用途
聚乙烯	比水小	边烧边熔融并有液体滴落。有蜡烛燃烧时的气味，离火后，仍能燃烧。	无毒、可制作保鲜膜、食品包装袋、奶瓶、脸盆、水桶、玩具、电缆、贮槽、汽车挡板等。
聚丙烯	比水小	与聚乙烯相似	耐热性好，可做厨房用具、热水管；绝缘性能好，可作电视机、录音机的外壳；无毒，可做粮食包装袋与玩具。
聚氯乙烯	比水大	火焰底部呈绿色，可闻到刺激性气味，离火后，火焰自行熄灭。	可制排水管、煤气管、农用薄膜、雨衣、汽车坐垫、墙布等。耐热性差，为防止分解，常加入金属盐。由于有毒，因此不能做保鲜膜、食品包装袋与玩具。
聚苯乙烯	比水大	燃烧时有较浓的黑烟	透明度高，易染色，加工方便，可做刻度尺、量角器等学习用品与仪器外壳，大量用于制造泡沫塑料。

2. 塑料的性质实验：

将塑料袋或塑料快餐盒粉碎，分成四份。其中一份埋在花盆中，浇透水，一个月后翻开土检查塑料，观察有无变化。另外三份放入三个试管中，分别倒入酸、碱溶液与汽油（注意使用酸、碱溶液时要小心，以防溅到手上、衣服上）。观察现象，并把实验现象和你得出的结论与同学们进行交流讨论。

二、白色污染的治理

塑料耐酸耐碱，不霉不蛀，埋在地下上百年也不会腐烂，如何治理白色污染（白色公害）成了人们关注的问题。

1. 收集家中所有的塑料制品，思考并讨论这些废旧的塑料物品若随意丢弃，将会对环境造成怎样的污染。



填埋区内的各种塑料垃圾

海中漂浮的塑料垃圾

塑料燃烧时产生的黑烟

塑料垃圾造成的污染

2. 对日常生活中使用塑料袋的问题提出一些个人的见解，与同学们进行交流。
3. 集体讨论解决白色污染（白色公害）的出路在哪里。

家中的放热反应与吸热反应

化学变化的过程中，往往伴有能量的变化，而能量的变化通常表现为吸收或放出热量，温度的变化常常可以作为能量释放或吸收的标志。在家中也存在放热反应与吸热反应，我们可以体会这两种反应。

一、实验材料

蜡烛、小苏打粉（碳酸氢钠）、白醋、玻璃杯。

二、实验步骤

1. 点燃一支蜡烛（图 a），观察蜡烛燃烧时产生的现象，感受环境的温度变化。
2. 取 2 勺小苏打粉（碳酸氢钠）放入干净的玻璃杯中，然后向杯中加入约 125 mL 的白醋，轻轻摇晃玻璃杯，观察杯中物质发生的变化，感受一下杯壁的温度。（图 b）
3. 通过观察，你发现了什么？



a　蜡烛燃烧



b　白醋和小苏打

搜集土壤保护的资料和讨论保护土壤的方法

土壤是农业生产的基础，为植物生长提供支撑和基本矿质营养物质。保护土壤主要是利用土壤时不要造成土壤退化，即合理利用土壤：做好水土保持，防治土壤侵蚀；用地的同时要养地，进行合理施肥和耕作管理，不断提高土壤肥力。请搜集当地土壤保护的资料。

一、目的要求

1. 了解土壤和人类的关系；了解当地土壤资源现状。
2. 了解人们破坏土壤资源的习惯行为及土壤破坏造成的危害。
3. 了解人们在保护土壤资源方面所做的努力，用各种形式宣传保护土壤、保护耕地。

二、资料收集

以小组为单位，选择目的要求中的一项，进行资料搜集。

1. 讨论搜集的内容。
2. 制订搜集的方案。
3. 通过各种途径搜集资料。
4. 对搜集的资料进行整理。

三、交流讨论

在班级里，根据自己小组搜集的资料，就以下问题开展讨论。

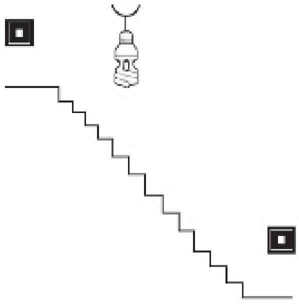
1. 当地土壤资源现状如何？
2. 有哪些不合理利用土壤资源的行为及带来的危害？
3. 我们能为土壤保护做些什么？

安装楼道灯电路

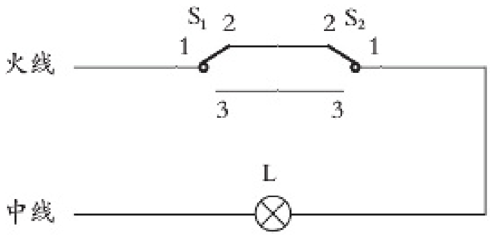
在楼道里安装的电灯，要求在楼道的上、下两头都能控制它。如图 a 中，上楼梯时，人能用下面的开关开灯，上楼后，又能用上面的开关关灯。下楼梯时，人能用上面的开关开灯，下楼后，又能用下面的开关关灯。实现这种功能必须使用如图 b 所示的特殊的开关 —— 双联开关，它有三个接线柱，操作开关时，可以使开关的触头 1 与触头 2 或触头 1 与触头 3 连接。楼道灯电路比一般的电路要复杂些，应当如何安装楼道灯呢？

一、目标

1. 认识双联开关的结构和它的符号，了解图形和实物的对应关系。
2. 学习用两个双联开关控制一盏灯泡的电路连接方法。
3. 了解楼道灯电路在生活中的应用。



a



b

二、器材

双联开关 2 个，导线若干，灯泡 1 盏，插头 1 个。

三、步骤

1．读图 b，了解开关 S_1 和 S_2 是如何控制灯泡的。

2．取双联开关与图 b 中的开关符号进行比较，找出两者的对应关系。

3．按图 b 电路图，将所给器材连接成电路。电路两端的导线接上插头。

4．将插头插在插座上。操作两个开关,看看能否按要求控制灯泡的亮灭。

元素周期表

原子序数—92 U—元素符号，红色指放射性元素

元素名称 注 * 的是人造元素—铀

$5f^3 6d^1 7s^2$—外围电子层排布，括号指可能的电子层排布

238.0—相对原子质量(加括号的数据为该放射性元素半衰期最长同位素的质量数)

非金属　金属　过渡元素

族 周期	I A 1	II A 2	III B 3	IV B 4	V B 5	VI B 6	VII B 7	VIII 8	9	10	I B 11	II B 12	III A 13	IV A 14	V A 15	VI A 16	VII A 17	0 18	电子层	0族电子数
1	1 H 氢 $1s^1$ 1.008																	2 He 氦 $1s^2$ 4.003	K	2
2	3 Li 锂 $2s^1$ 6.941	4 Be 铍 $2s^2$ 9.012											5 B 硼 $2s^2 2p^1$ 10.81	6 C 碳 $2s^2 2p^2$ 12.01	7 N 氮 $2s^2 2p^3$ 14.01	8 O 氧 $2s^2 2p^4$ 16.00	9 F 氟 $2s^2 2p^5$ 19.00	10 Ne 氖 $2s^2 2p^6$ 20.18	L K	8 2
3	11 Na 钠 $3s^1$ 22.99	12 Mg 镁 $3s^2$ 24.31											13 Al 铝 $3s^2 3p^1$ 26.98	14 Si 硅 $3s^2 3p^2$ 28.09	15 P 磷 $3s^2 3p^3$ 30.96	16 S 硫 $3s^2 3p^4$ 32.06	17 Cl 氯 $3s^2 3p^5$ 35.45	18 Ar 氩 $3s^2 3p^6$ 39.95	M L K	8 8 2
4	19 K 钾 $4s^1$ 39.10	20 Ca 钙 $4s^2$ 40.08	21 Sc 钪 $3d^1 4s^2$ 44.96	22 Ti 钛 $3d^2 4s^2$ 47.87	23 V 钒 $3d^3 4s^2$ 50.94	24 Cr 铬 $3d^5 4s^1$ 52.00	25 Mn 锰 $3d^5 4s^2$ 54.94	26 Fe 铁 $3d^6 4s^2$ 55.85	27 Co 钴 $3d^7 4s^2$ 58.93	28 Ni 镍 $3d^8 4s^2$ 58.69	29 Cu 铜 $3d^{10} 4s^1$ 63.55	30 Zn 锌 $3d^{10} 4s^2$ 65.39	31 Ga 镓 $4s^2 4p^1$ 69.72	32 Ge 锗 $4s^2 4p^2$ 72.64	33 As 砷 $4s^2 4p^3$ 74.92	34 Se 硒 $4s^2 4p^4$ 78.96	35 Br 溴 $4s^2 4p^5$ 79.90	36 Kr 氪 $4s^2 4p^6$ 83.80	N M L K	8 18 8 2
5	37 Rb 铷 $5s^1$ 85.47	38 Sr 锶 $5s^2$ 87.62	39 Y 钇 $4d^1 5s^2$ 88.91	40 Zr 锆 $4d^2 5s^2$ 91.22	41 Nb 铌 $4d^4 5s^1$ 92.91	42 Mo 钼 $4d^5 5s^1$ 95.94	43 Tc 锝 $4d^5 5s^2$ [98]	44 Ru 钌 $4d^7 5s^1$ 101.1	45 Rh 铑 $4d^8 5s^1$ 102.9	46 Pd 钯 $4d^{10}$ 106.4	47 Ag 银 $4d^{10} 5s^1$ 107.9	48 Cd 镉 $4d^{10} 5s^2$ 112.4	49 In 铟 $5s^2 5p^1$ 114.8	50 Sn 锡 $5s^2 5p^2$ 118.7	51 Sb 锑 $5s^2 5p^3$ 121.8	52 Te 碲 $5s^2 5p^4$ 127.6	53 I 碘 $5s^2 5p^5$ 126.9	54 Xe 氙 $5s^2 5p^6$ 131.3	O N M L K	8 18 18 8 2
6	55 Cs 铯 $6s^1$ 132.9	56 Ba 钡 $6s^2$ 137.3	57~71 La~Lu 镧系	72 Hf 铪 $5d^2 6s^2$ 178.5	73 Ta 钽 $5d^3 6s^2$ 180.9	74 W 钨 $5d^4 6s^2$ 183.8	75 Re 铼 $5d^5 6s^2$ 186.2	76 Os 锇 $5d^6 6s^2$ 190.2	77 Ir 铱 $5d^7 6s^2$ 192.2	78 Pt 铂 $5d^9 6s^1$ 195.1	79 Au 金 $5d^{10} 6s^1$ 197.0	80 Hg 汞 $5d^{10} 6s^2$ 200.6	81 Tl 铊 $6s^2 6p^1$ 204.4	82 Pb 铅 $6s^2 6p^2$ 207.2	83 Bi 铋 $6s^2 6p^3$ 209.0	84 Po 钋 $6s^2 6p^4$ [209]	85 At 砹 $6s^2 6p^5$ [210]	86 Rn 氡 $6s^2 6p^6$ [222]	P O N M L K	8 18 32 18 8 2
7	87 Fr 钫 $7s^1$ [223]	88 Ra 镭 $7s^2$ [226]	89~103 Ac~Lr 锕系	104 Rf 𬬻* $(6d^2 7s^2)$ [261]	105 Db 𬭊* $(6d^3 7s^2)$ [262]	106 Sg 𬭳* [263]	107 Bh 𬭛* [264]	108 Hs 𬭶* [265]	109 Mt 鿏* [268]	110 Uun * [269]	111 Uuu * [272]	112 Uub * [277]	……							

镧系	57 La 镧 $5d^1 6s^2$ 138.9	58 Ce 铈 $4f^1 5d^1 6s^2$ 140.1	59 Pr 镨 $4f^3 6s^2$ 140.9	60 Nd 钕 $4f^4 6s^2$ 144.2	61 Pm 钷* $4f^5 6s^2$ [145]	62 Sm 钐 $4f^6 6s^2$ 150.4	63 Eu 铕 $4f^7 6s^2$ 152.0	64 Gd 钆 $4f^7 5d^1 6s^2$ 157.3	65 Tb 铽 $4f^9 6s^2$ 158.9	66 Dy 镝 $4f^{10} 6s^2$ 162.5	67 Ho 钬 $4f^{11} 6s^2$ 164.9	68 Er 铒 $4f^{12} 6s^2$ 167.3	69 Tm 铥 $4f^{13} 6s^2$ 168.9	70 Yb 镱 $4f^{14} 6s^2$ 173.0	71 Lu 镥 $4f^{14} 5d^1 6s^2$ 175.0
锕系	89 Ac 锕 $6d^1 7s^2$ [227]	90 Th 钍 $6d^2 7s^2$ 232.0	91 Pa 镤 $5f^2 6d^1 7s^2$ 231.0	92 U 铀 $5f^3 6d^1 7s^2$ 238.0	93 Np 镎 $5f^4 6d^1 7s^2$ [237]	94 Pu 钚 $5f^6 7s^2$ [244]	95 Am 镅* $5f^7 7s^2$ [243]	96 Cm 锔* $5f^7 6d^1 7s^2$ [247]	97 Bk 锫* $5f^9 7s^2$ [247]	98 Cf 锎* $5f^{10} 7s^2$ [251]	99 Es 锿* $5f^{11} 7s^2$ [252]	100 Fm 镄* $5f^{12} 7s^2$ [257]	101 Md 钔* $(5f^{13} 7s^2)$ [258]	102 No 锘* $(5f^{14} 7s^2)$ [259]	103 Lr 铹* $(5f^{14} 6d^1 7s^2)$ [260]

注：

相对原子质量录自 1999 年国际原子量表，并全部取 4 位有效数字。